Untersuchungen

über

reduzierenden und nicht reduzierenden Zucker in den Beta-Rüben

während des Wachstums und der Lagerung.

Inaugural-Dissertation

zur

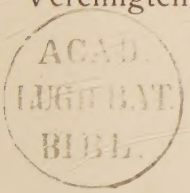
Erlangung der Doktorwürde

der

HOHEN PHILOSOPHISCHEN FAKULTÄT

der

Vereinigten Friedrichs-Universität Halle-Wittenberg



vorgelegt von

Wilhelm Stephani
aus Marienburg (Siebenbürgen).

Halle a. S. 1911.

Referent: Kaiserl. Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. F. Wohltmann.

Meinen lieben Eltern!

Inhalt.

I. Theoretischer Teil.

Seite

1. Unsere Kenntnisse und Anschauungen über die Entstehung und Zunahme des Rohrzuckers in Beta vulgaris *L.* im ersten Wachstumsjahre 1
2. Motivierung der eigenen Versuche 13

II. Experimenteller Teil.

3. Erörterung und Ermittelung der Methoden zur Bestimmung des Gesamtzuckers und des direkt reduzierenden Zuckers in den Rüben 15
4. Gehalt und Zunahme der Rüben an reduzierendem und nicht reduzierendem Zucker in verschiedenen Wachstumsstadien des ersten Vegetationsjahres 40
5. Inversion und Abnahme des Rohrzuckers in den verschiedenen Futterrübensorten (und Zuckerrüben) bei der Lagerung in der Miete während des Winters 60
6. Schlussfolgerungen 74

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41544726_0035

I. Theoretischer Teil.

1. Unsere Kenntnisse und Anschauungen über die Entstehung und Zunahme des Rohrzuckers in Beta vulgaris *L.* im ersten Wachstumsjahre.

Die Frage über die Entstehungsweise des Rohrzuckers in Beta vulgaris hat in neuerer Zeit mehrere Arbeiten zutage gefördert, u. a. von Briem, Fallada, Girard, Gonnermann, Hoffmann, Strakosch und Strohmer, die im Prinzip folgende Probleme zu lösen versuchen: Welches ist das erste nachweisbare Assimilationsprodukt bei dem Aufbau des Rohrzuckers in der Rübenpflanze, auf welchem Wege entsteht daraus Rohrzucker, in welchem Teil der Rübenpflanze verläuft dieser Prozess, welche äusseren Einwirkungen sind für die Entstehung und Wanderung des Rohrzuckers von Bedeutung, und welchem Schicksal unterliegt der gebildete Rohrzucker der Rübenwurzel bis zum Abschluss der Vegetation der zweijährigen Rübenpflanze?

Wenn diese Fragen auch noch nicht erschöpfend und oft nicht genügend einwandsfrei beantwortet wurden, so sind dennoch sehr wichtige Vorgänge bei der Bildung und Wanderung des Rohrzuckers in der Rübenpflanze klargelegt und Fingerzeige für die weitere Forschung gegeben worden.

Dagegen ist das Ergebnis der Rohrzuckerbildung, die Zunahme des Rohrzuckers beim Wachstum der Rüben, sowohl in Zucker-, als auch in Futterrüben sehr gründlich und vielseitig untersucht worden. Es ist begreiflich, dass man seit der Kultur und Züchtung gehaltreicher Rüben der Zuckeraufspeicherung in denselben die grösste Aufmerksamkeit zuwandte. Sowohl für die Landwirtschaft, als auch für die Zuckerrübenindustrie war es praktisch von grösstem Interesse, zu wissen, welche Faktoren bei der Zuckerbildung mitwirken, und in welchem Stadium der Vegetation der absolute Zuckergehalt in den Rüben den Höhepunkt erreicht hat.

In den letzten Wochen vor der „Reife“ wachsen die Rüben im ersten Jahre im allgemeinen nicht mehr viel in die Dicke, sofern nicht feuchtwarmes Wetter sie dazu anregt. Ob der Zuckergehalt sich in dieser

Zeit wesentlich verändert, kann selbstverständlich nur durch die Analyse festgestellt werden, da keine äusseren Merkmale an der Rübe direkt erkennen lassen, in welcher Weise der Zucker in den Rüben zunimmt.

Der Aufbau von organischer Substanz durch die Rübenpflanze hört beim Absterben der Blätter auf, da die Assimilation an die lebenden, Chlorophyll-führenden Zellen der Blätter gebunden ist. Höchstens können noch die in den absterbenden Blättern vorhandenen Assimilationsprodukte in die Rübenwurzel transportiert werden. Daraus folgt aber nicht notwendig, dass das Endstadium der Zuckerbildung mit dem Welken der Blätter zusammenfallen muss. Der Rohrzucker könnte ja als solcher erst in der Rübenwurzel aus den Assimilationsprodukten der Blätter aufgebaut und aufgespeichert werden. Das Ende dieses Prozesses könnte ebensogut vor als nach dem Gelbwerden der Rübenblätter eintreten.

Es ist ohne weiteres klar, dass dieser Vorgang für die Kenntnis der Pflanzenphysiologie hochbedeutsam ist. Schon frühzeitig ist man an die Erforschung desselben herangetreten. Auch Achard hat sich mit diesem Problem eingehend beschäftigt. Die Aufspeicherung des Rohrzuckers in der Rübe, das Endstadium derselben, sind jedoch auch wirtschaftlich von grossem Interesse. Es kommt dabei nicht nur darauf an, überhaupt einen Zeitpunkt zu wissen, in welchem der Zuckergehalt nicht mehr zunimmt, sondern es ist wichtig, den frühesten Termin zu kennen, nach dessen Ablauf der Zucker in der Rübe eine wesentliche Vermehrung nicht mehr erfährt, und auch durch Kulturmassregeln nicht mehr bewirkt werden kann. Die Rüben vor dieser Zeit zu ernten, würde eine Schädigung der Zuckerausbeute zur Folge haben; je früher man andererseits mit der Ernte der Rüben beginnen kann, desto weniger läuft man Gefahr, von einem früheintretenden Winter überrascht oder an der Vollendung der Ernte gehindert zu werden. Die Nachteile der „Frostrüben“ sind in der Landwirtschaft und Zuckerindustrie genügend bekannt.

Abgesehen davon ermöglicht ein auch nur 8—14 Tage früherer Erntetermin nicht nur eine grössere Tagesleistung der Erntearbeiter infolge der etwas längeren und weniger kalten Tage, sondern es kann auch darüber hinaus ein grösseres Areal Rüben angebaut werden. In der Praxis sind oft diese Momente ausschlaggebend für die Grösse der mit Rüben anzubauenden Ackerfläche, namentlich in Gegenden mit einem kurzen und rauhen Herbst. Man darf nicht mehr Rüben anbauen, als man mit den verfügbaren Arbeitskräften unter den bekannten klimatischen Verhältnissen der betreffenden Gegend voraussichtlich wird ernten können, ohne dass die Rüben durch Frost Schaden nehmen oder wichtige andere Herbstarbeiten beeinträchtigt werden.

Es genügt aber nicht immer, diesen Termin, an dem die Rübenernte am zweckmässigsten zu beginnen wäre, ein für allemal festzustellen, da er nicht alljährlich auf denselben Zeitpunkt fällt. Das Wachstum und die Produktion der Pflanze hängt in erster Reihe von den Witterungsfaktoren

ab, die in den einzelnen Jahren oft erheblich differieren. Daher wird sowohl die Quantität der Rüben, der prozentische Gehalt an Zucker und Nichtzucker, als auch der Endtermin der Zuckerbildung in den verschiedenen Jahren stets schwanken. Wenn man hierüber genau orientiert sein will, muss man alljährlich periodische Untersuchungen der wachsenden und reifenden Rüben vornehmen. In der Tat wird die Zuckerzunahme in den Rüben von Zuckerfabriken und Rübensamenzüchtereien jedes Jahr verfolgt. Für die letzteren ist diese Kontrolle besonders wichtig, weil man erst durch den Vergleich der verschiedenen Jahre einen richtigen Mafsstab für die Höhe der Anforderungen bei der Selektion der Mutterrüben erhält. Das gilt natürlich ebensogut für die Futterrüben wie für die Zuckerrüben.

Wie sehr die Untersuchungen der gleichen Vegetationsabschnitte aus den aufeinanderfolgenden Jahren abweichen, beweisen z. B. die regelmässig von der Zuckerfabrik und Rübensamenzuchtanstalt Kleinwanzleben oder auch H. METTE-Quedlinburg veröffentlichten Zusammenstellungen über die Entwickelung der Zuckerrüben und des Zuckers in denselben, sowie über die entsprechenden meteorologischen Daten, wobei der Vergleich mit den Ergebnissen der früheren Jahre nach jeder Untersuchungsperiode von acht Tagen gezogen wird. Aus diesen Tabellen, die sich auf sehr viele Jahre zurückerstrecken, seien hier nur einige Zahlen der letzten 6 Jahre aus Kleinwanzleben angeführt.

Tabelle I.

Jahrgang:	1908	1907	1906	1905	1904	1903
Datum:	14. Aug.	16. Aug.	17. Aug.	18. Aug.	18. Aug.	21. Aug.
Gewicht der Rübe g .	262	234	285	**286**	**223**	279
Zucker in der Rübe %	15,2	**14,5**	15,0	**14,5**	**18,3**	16,9
„ „ „ „ g	39,8	**33,9**	42,8	41,5	40,8	**47,2**
Regenmenge seit 1./IV.	228,7	**331,6**	290,1	328,0	**125,7**	234,4
Nach 14 Tagen.						
Datum:	28. Aug.	30. Aug.	31. Aug.	1. Sept.	2. Sept.	4. Sept.
Gewicht der Rübe g .	321	298	**372**	350	**289**	350
Zucker in der Rübe %	16,8	**16,0**	16,2	**16,0**	**19,4**	17,5
„ „ „ „ g	53,9	**47,7**	60,3	56,2	56,2	**61,3**
Regenmenge seit 1./IV.	260	353	310	**357**	**128**	262
Nach 14 Tagen.						
Datum:	11. Sept.	13. Sept.	14. Sept.	15. Sept.	16. Sept.	11. Sept.
Gewicht der Rübe g .	387	373	**449**	420	**347**	388
Zucker in der Rübe %	18,4	16,6	17,1	**15,9**	**18,9**	17,2
„ „ „ „ g	71,2	**61,9**	**76,8**	66,8	65,6	66,7
Regenmenge seit 1./IV.	273	383	322	**394**	**147**	272
Nach 14 Tagen.						
Datum:	25. Sept.	27. Sept.	28. Sept.	29. Sept.	29. Sept.	25. Sept.
Gewicht der Rübe g .	441	444	**518**	466	**361**	442
Zucker in der Rübe %	**19,4**	17,3	**16,6**	17,1	19,3	17,8
„ „ „ „ g	85,5	76,8	**86,0**	79,7	**69,7**	78,7
Regenmenge seit 1./IV.	278	398	407	**417**	**153**	314

Die hervorgehobenen Maxima und Minima besagen sehr deutlich, welche grossen Unterschiede die Rüben im gleichen Entwicklungsstadium in den verschiedenen Jahren aufweisen können. Auch die Zunahme der Rüben und der Zuckerproduktion ist in entsprechenden Zeitabschnitten der einzelnen Jahre sehr ungleich (siehe Tabelle II) und hängt wesentlich von der Witterung, aber auch von der Kultur, Pflege und Zuchtrichtung der Rüben ab.

Tabelle II.

Jahrgang:	1908	1907	1906	1905	1904	1903	Mittlere Zunahme	
Zunahme der letzten Woche.								pro
Datum:	14. Aug.	16. Aug.	17. Aug.	18. Aug.	18. Aug.	21. Aug.		Tag
Regenhöhe mm	6,6	31	12	3	0,5	4	9,5	1,3
Gewicht der Rübe g. . . .	20	35	38	49	20	22	30,6	4,3
Zucker in der Rübe % . . .	1,0	0,3	0,4	0,7	1,3	0,9	0,76	0,11
„ „ „ „ g . . .	5,3	5,6	6,8	8,8	6,3	6,1	6,3	0,9
Zunahme der letzten 14 Tage.								
Datum:	28. Aug.	30. Aug.	31. Aug.	1. Sept.	2. Sept.	4. Sept.		
Regenhöhe mm	31	42	20	29	2	28	25,3	1,8
Gewicht der Rübe g . . .	59	64	87	64	66	71	68,5	4,9
Zucker in der Rübe % . . .	1,6	1,5	1,2	1,5	1,1	0,6	1,25	0,09
„ „ „ „ g . . .	14,1	13,8	17,5	14,5	15,4	14,1	14,9	1,06
Zunahme der letzten 14 Tage.								
Datum:	11. Sept.	13. Sept.	14. Sept.	15. Sept.	16. Sept.	11. Sept.		
Regenhöhe mm	13	30	12	37	20	12	20,5	1,5
Gewicht der Rübe g. . . .	66	75	77	70	58	60	67,7	4,8
Zucker in der Rübe % . . .	1,6	0,6	0,9	— 0,1	— 0,5	0,2	0,65	0,05
„ „ „ „ g . . .	17,3	14,2	16,5	10,8	9,4	10,9	13,2	0,95
Zunahme der letzten 14 Tage.								
Datum:	25. Sept.	27. Sept.	28. Sept.	29. Sept.	29. Sept.	25. Sept.		
Regenhöhe mm	5	15	85	23	6	43	29,5	2,1
Gewicht der Rübe g. . . .	54	71	69	46	14	54	51,3	3,7
Zucker in der Rübe % . . .	1,0	0,7	— 0,5	1,2	0,4	0,6	0,56	0,04
„ „ „ „ g . . .	14,3	14,9	9,2	12,9	4,1	12,0	11,2	0,80

Aus Tabelle II ist ersichtlich, dass die Zuckerproduktion bei der hochgezüchteten Kleinwanzleber Zuckerrübe in den Monaten August und September pro Tag und Rübe ca. 1 g Rohrzucker, die Zunahme des Rübengewichtes nahezu 5 g beträgt.

Durch die periodischen Saccharosebestimmungen kann man natürlich keinen positiven Aufschluss über den chemischen Verlauf des Zuckeraufbaues in der Rübenpflanze bekommen, wohl aber lassen sie erkennen, in welcher Vegetationsperiode die Hauptmenge des Rohrzuckers gebildet wird, in welchem Stadium die Zuckerbildung beginnt und in welchem sie aufhört. Darüber haben sich folgende Resultate ergeben. Die Rübe beginnt sofort, nachdem sie das Stadium der Keimpflanze verlassen hat, auch

Rohrzucker zu bilden. GIRARD[1]) hat bereits im frühesten Entwicklungsstadium sowohl in der Rübe, als auch in den Blättern Rohrzucker gefunden; unabhängig von ihm fand FR. STROHMER[2]) im Jahre 1888 in ein Monat alten Rüben am 7. Juni in den Blättern 0.3 % Rohrzucker, in der Wurzel 0,70 %; nach 14 Tagen, am 21. Juni, in den Blättern 0,6 %, in den Wurzeln bereits 4,70 % und am 5. Juli in den Blättern 1,2 % und in der Wurzel sogar schon 7,30 %. Das Maximum der Zuckerproduktion fand GIRARD[3]) in der Zeit von Ende Juli bis Mitte September, STROHMER, BRIEM und FALLADA bei ihren jüngsten Forschungen[4]) im Monat August.

Der prozentische Zuckergehalt der Rüben steigt am raschesten im Monat Juni; von der Zeit an werden die Zuwachsprozente geringer.

Die Zuckeraufspeicherung (in Gramm pro Rübe) nimmt mit der steten Entwickelung zu und ist am grössten Ende Juli und im August. Von da an nimmt sie allmählich ab. Der Zeitpunkt, da sie ganz aufhört, ist jährlich und örtlich verschieden. In der genannten Arbeit von STROHMER, BRIEM und FALLADA wird folgendes über das Endstadium der Zuckerbildung gesagt: „In unserem Falle fand auch noch vom 1. September bis 5. Oktober, zu welcher Zeit ca. 94 % des in der Rübe geernteten Zuckers vorhanden waren, ein wahrnehmbarer Zuckerzuwachs statt, worauf jedoch das Zuwachsprozent rasch fiel, um zwischen dem 29. Oktober und 23. November auf nahezu Null herabzusinken."

Die Zuckerproduktion ist also nach Ablauf der ersten Oktoberhälfte nur noch äusserst gering, ja es wird sogar vielfach behauptet, dass die Rübe nach dieser Zeit oft direkte Zuckerverluste erleiden könne.

Allerdings kann im letzten Vegetationsstadium der Reife der prozentische Gehalt an Rohrzucker, nicht nur bezogen auf frische Rüben, sondern auch bezogen auf die Trockensubstanz der Rüben, fallen. Das erstere ist leicht auf eine Steigerung des Wassergehaltes zurückzuführen; das Sinken der Zuckerprozente der Trockensubstanz auch nicht auf einem Zuckerverlust beruhen, sondern ist vielmehr damit zu erklären, dass die Rübe in der letzten Vegetationszeit einen grösseren Zuwachs an organischem Nichtzucker als an Zucker erfährt. Die drei genannten Forscher finden die frühere Behauptung STROHMERS[5]) bestätigt: dass der aufgespeicherte Zucker der Rübe im ersten Vegetationsjahr keine wirklichen

---

[1]) A. GIRARD, Organ des Zentralvereines für Rübenzuckerindustrie in der Österreich-Ungarischen Monarchie XVI. Jahrg., 1887, S. 701 und 849. (Original: Comptes rendus. Tome 102 S. 1324, 1439, 1565 und Tome 103 S. 72 und 159.

[2]) FR. STROHMER, „Entstehung des Zuckers in der Rübe". Österreich-Ungarische Zeitschrift für Zuckerindustrie und Landwirtschaft XXV. Jahrg., 1896, S. 589.

[3]) Loco cit.

[4]) Loco cit., siehe auch FR. STROHMER, H. BRIEM und O. FALLADA, „Beitrag zur Kenntnis des Verlaufes der Nährstoffaufnahme und des Nährstoffverbrauches der Zuckerrübe im ersten Wachstumsjahre". Österreich-Ungarische Zeitschrift für Zuckerindustrie und Landwirtschaft XXXVI. Jahrg., 1908, S. 207.

[5]) FR. STROHMER, „Die Entstehung des Zuckers in der Rübe". Loco cit.

Verluste erleidet. Findet ein Rückgang der Polarisation statt, so beruht dies auf Wasseraufnahme oder Substanzvermehrung der Rübe.

Die Gewichts- und Rohrzuckerzunahme beim Wachstum der Rüben wird wesentlich durch die Regenmenge, den Sonnenschein und die Temperatur beeinflusst. M. Hoffmann[1]) hat die Beziehungen der Rüben- und Zuckererträge zu den Regenmengen und der Sonnenscheindauer aus den letzten 16 Jahren verfolgt und graphisch in mehreren Tabellen sehr instruktiv veranschaulicht. Bei der Kritik der Ergebnisse kommt er zu folgendem Schlusssatz: „Es bestehen greifbare Beziehungen zwischen den Zuckerernten einerseits, und Regen, wie Sonnenschein andererseits, jedoch sind selbige bisher noch nicht derart geklärt, dass man von unumstösslichen Gesetzmässigkeiten sprechen könnte. Im allgemeinen ist bei halbwegs befriedigender Witterungslage die Summe der Niederschläge bestimmend für den Zentnerertrag, vorausgesetzt, dass der Rübenacker zur Zeit der Hauptvegetationsmonate keinen Wassermangel hat. Ein Vorteil ist es ferner, dass in diesen Monaten des öfteren stärkere, durchdringende Niederschläge stattfinden, denn solche richten, auch wenn sie nur in geringerer Anzahl sich einstellen, mehr aus, wie geringfügige Regen, welche sehr häufig wiederkehren."

Die Bedeutung des Lichtes als Energiequelle für die Assimilation und Zuckerbildung war als wichtiger Faktor für das Gedeihen der Rüben auch Achard[2]) schon bekannt. Der quantitative und qualitative Einfluss des Lichtes auf das Wachstum und die Produktion der Rübenpflanze ist später durch Forscher, wie Pagnoul,[3]) H. Briem,[4]) Petermann,[5]) Vibrans,[6]) Wiesner[7]) und neuerdings von Strakosch,[8]) Strohmer[9]) und Stift[9]) eingehend untersucht worden. Die Ergebnisse dieser Forschungen lassen sich mit folgenden Worten kurz zusammenfassen:

Die Rüben können sich auch ausschliesslich im diffusen Tageslicht, wenn dasselbe nicht unter eine bestimmte Intensität herabgeht, normal

---

[1]) Blätter für Zuckerrübenbau 1908, Heft 2. „Beziehungen der Witterung zu den Rübenernten."

[2]) F. C. Achard, „Kultur der Runkelrübe" 1799, S. 35.

[3]) Ann. agronomiques T. 2 Cah. 4, siehe auch Stammers Jahresbericht f. Zuckerfabrikation XX. Jahrg., 1880, S. 35.

[4]) Organ des Zentralvereines f. Rübenzuckerindustrie in der Österreich-Ungarischen Monarchie XVIII. Jahrg., 1880, S. 831.

[5]) Bulletin da la station agronomique de l'état à Gembloux Nr. 45; siehe auch Stammers Jahresbericht für Zuckerfabrikation XXX. Jahrg., 1890, S. 3.

[6]) Zentralblatt für Zuckerindustrie XI. Jahrg., 1903, S. 809 und 829.

[7]) J. Wiesner, Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften Bd. 113, 1904.

[8]) Siegfried Strakosch, „Über den Einfluss des Sonnenlichtes und des diffusen Tageslichtes auf die Entwickelung von Beta vulgaris". Österreich-Ung. Zeitschr. für Zuckerindustrie und Landwirtschaft XXXV. Jahrg., 1906, S. 1.

[9]) F. Strohmer und A. Stift, „Über den Einfluss der Lichtfarben auf das Wachstum der Zuckerrübe", loco cit. sub. 6. XXXIII. Jahrg., 1904, S. 17.

entwickeln und befriedigende Zuckermengen produzieren, jedoch wird durch das direkte Sonnenlicht die Substanzbildung mehr gefördert.

Strakosch findet beim Fehlen des direkten Sonnenlichtes eine Zunahme der Nichtzuckerstoffe und eine Abnahme des prozentischen Zuckergehaltes, welcher nach Strohmer nicht nur infolge eines höheren Wassergehaltes sinkt, sondern auch in der Zusammensetzung der Trockensubstanz abnimmt. Schattenrüben bleiben auch, abgesehen von der Verschlechterung der Qualität, sowohl im Erntegewicht, als auch im absoluten Zuckergehalte gegenüber normalen Rüben zurück.

Bei den Versuchen über den Einfluss der verschiedenen Lichtqualitäten[1]) hat sich für die Rübe, ebenso wie auch für andere Pflanzen gefunden wurde, ergeben, dass für die Erzeugung von organischer Substanz vor allem das gelbe Licht, die sog. leuchtenden Strahlen, nötig sind. Die violetten und ultravioletten, die sog. chemischen Strahlen, können bei der Zuckerbildung entbehrt werden, aber höchstwahrscheinlich sind sie gleichwohl samt den blauen Strahlen massgebend für die Höhe des Zuckergehaltes, indem sie die Zuckeranhäufung in der Rübe begünstigen. Das rote Licht hat die Funktion der Wachstumsregulierung, daher sind für die normale Entwickelung alle drei Lichtgattungen nötig, wie sie im gemischten weissen Sonnenlicht enthalten sind.

Die Wärme spielt bei der Entwickelung der Rübe und bei der Zuckerbildung nur insoweit eine wichtige Rolle, als das Wachstum unterhalb und oberhalb einer gewissen Temperatur nicht stattfinden kann (Minimum und Maximum), und andererseits die chemischen Prozesse bei höherer Wärme im allgemeinen rascher verlaufen als in der Kälte, für das Wachtum der Pflanzen allerdings nur bis zu einer bestimmten Temperatur, dem Optimum. Jedenfalls bildet aber nicht die Wärme, sondern das Licht in erster Linie die Energiequelle für den Aufbau von organischer Substanz. Aus dem Einfluss der Lichtmenge und -Intensität ergibt sich sofort die grosse Bedeutung des Blattapparates für die Assimilation und Zuckerbildung. So selbstverständlich dies erscheint, wenn man weiss, dass sich nur in den Blättern der Rübe die Energiequelle, das Licht, betätigen kann und nur das Chlorophyll der Blätter organische Substanz aufzubauen vermag, hat es doch zahlreicher Untersuchungen benötigt, um den Zusammenhang der Blätter mit der Produktion von Zucker und Substanz überhaupt zahlenmässig zu beweisen und damit den Schaden, der so oft durch Abblatten der Rüben verübt wurde, klar zu stellen. Auch in den letzten Jahren findet man immer wieder Arbeiten und Aufsätze veröffentlicht, welche die Schädigung der Rüben und Zuckerernte durch Abblatten zum Gegenstand haben, ein Zeichen, dass dieses immer noch hin und wieder stattfindet. Es ist nicht zu verwundern, dass solche Untersuchungen gerade von Seiten der Zuckerindustrie ganz besonders zahlreich mit Zuckerrüben angestellt worden sind. Doch sind auch mit Futterrüben sehr viele Versuche gemacht

[1]) Strohmer-Stift loco cit.

worden und, wie aus den Arbeiten von Schacht, Bretschneider, Nobbe, Siegert, Peters, Breitenloher u. v. a. Forschern hervorgeht, hat die Entblattung sowohl bei Zucker- wie auch Futterrüben eine ganz erhebliche Schädigung der Qualität und Quantität zur Folge. Claassen[1]) hat nachgewiesen, dass die Verminderung der Zuckerproduktion von dem Zeitpunkte und der Art des Abblattens abhängt. Dabei kann der Prozentsatz an Zucker auch die normale Höhe erreichen, aber der Rübenertrag und die absolute Zuckermenge bleibt unter sonst gleichen Bedingungen stets bedeutend hinter nicht entblätterten Rüben zurück.

Trotzdem wurde auf dem internationalen Kongress für angewandte Chemie, welcher im Jahre 1906 zu Rom abgehalten wurde, diese Tatsache nicht allgemein anerkannt. Darum wurden neuerdings von Strohmer, Briem und Fallada Untersuchungen vorgenommen. Die Rüben der einen Probe behielten die Blätter bis zur Ernte, einer anderen Probe wurden sie sämtlich am 8. August mit der Sense abgeschnitten, bis zur Ernte war jedoch eine neue Blätterkrone gewachsen. Strohmer teilt darüber folgende Ergebnisse der Untersuchung mit:[2])

Durchschnittsgewicht der Blätter einer Pflanze in g:

Rüben unberührt gelassen:	Blätter am 8. Aug. abgeschnitten:
191 g	140 g

Unterschied = 51 g.

Durchschnittsgewicht der Wurzel einer Pflanze in g:

382 g	297 g

Unterschied = 85 g.

Zuckergehalt der Wurzel in Prozenten:

Blätter unberührt gelassen:	Blätter am 8. Aug. abgeschnitten:
19,36 %	17,05 %

Unterschied = 2,31 %.

Absoluter Zuckergehalt der Rübe:

73,96 g	50,64 g

Unterschied = 23,32 g = 31,5 %.

Bei diesem Versuch war sowohl der Prozentgehalt der Rüben an Zucker als auch der Zuckerertrag, und zwar um 31,5 %, durch das Abblatten zurückgegangen.

Bei einem anderen Versuche, den Strohmer, Briem und Fallada[3]) in jüngster Zeit gemeinsam ausführten, wurden die Rüben zu verschiedener Zeit entblättert, sowohl Rüben als Blätter während des Wachstums und nach der Ernte (12. Oktober) näher untersucht.

[1]) Zeitschrift des Vereines der deutschen Zuckerrübenindustrie 1902, II. T., S. 843.

[2]) Österreich.-Ungar. Zeitschrift für Zuckerindustrie und Landwirtschaft 1. Heft, 1908.

[3]) „Über Aufspeicherung und Wanderung des Rohrzuckers (Saccharose) in der Zuckerrübe (Beta vulgaris *L.*)". Österreichisch-Ungar. Zeitschr. für Zuckerindustrie und Landwirtschaft 1908.

Hier seien nur die Zahlen mitgeteilt, die sich auf die Rüben- und Zuckerernte beziehen:

	entblättert am 12. Juli	30. Juli	24. Aug.	wenig entblättert am 24. Aug.	nicht entblättert
Wurzelgewicht im Mittel g . . .	436	411	530	500	692
Rohrzucker in % .	17,66	16,39	16,72	17,93	17,16
Rohrzuckermenge pro Pflanze g .	77,10	67,36	88,61	89,65	118,75

Der Prozentgehalt schwankt nicht sehr erheblich, kann sogar höher sein als bei nicht entblätterten Rüben, während die Gewichte der geernteten Rüben und der Zuckerertrag selbst dann geringer ist, wenn die Blätter sehr spät (am 24. August) oder nur die Randblätter abgenommen wurden.

Am grössten ist die Schädigung, wenn man kurz vor der Zeit der grössten Zuckerproduktion entblättert; dann wird auch der Rübenertrag und der Prozentgehalt an Rohrzucker am meisten beeinträchtigt.

Durch die bisher genannten Forschungen sind die äusseren Grundfaktoren, die für die Aufspeicherung des Rohrzuckers in der Rübe von prinzipieller Bedeutung sind, dahin geklärt, dass entweder der Rohrzucker selbst oder seine Baustoffe in den Rübenblättern gebildet werden.

Bis vor kurzem nahm man an, dass der Rohrzucker als Disaccharid durch die Zellmembranen der lebenden Pflanzenzellen nicht durchwandern könne, sondern nur die Monosaccharide reduzierende Zuckerarten, die man in den Blättern der Rübe vielfach nachgewiesen hatte. Demnach musste der in der Rübenwurzel aufgespeicherte Rohrzucker (Saccharose) in der Rübe selbst an Ort und Stelle aus den wanderungsfähigen Monosacchariden aufgebaut werden.

Nach den Darlegungen Pfeffers[1]) können aber die Plasmembranen der Pflanzenzellen ihre osmotischen Eigenschaften nach Bedarf auch wechseln und manchmal Stoffe auf osmotischem Wege aufnehmen, für die sie in der Regel nicht permeabel sind. Beim Mais ist die exosmotische Abgabe von Disacchariden durch Hannstein[2]) und Puriewitsch[3]) experimentell nachgewiesen worden.

Auf Grund dieser Tatsachen ist es daher nicht notwendig, den Prozess des Rohrzuckeraufbaues in die Wurzel der Rübenpflanze zu verlegen, weil der Bildung des Rohrzuckers in den Rübenblättern und der Wanderung der Saccharose in die Wurzel prinzipiell nichts im Wege steht.

Der Rohrzucker der Blätter kann natürlich nur in den Blättern entstanden sein. Dieser Rohrzucker wurde früher für ein intermediäres

[1]) Pfeffer, Pflanzenphysiologie I. Bd., 2. Aufl., S. 76.
[2]) Flora, Ergänzungsband 1894, S. 419.
[3]) Berichte der botanischen Gesellschaft 1896, S. 206.

Produkt gehalten, welches wieder invertiert und alsdann in die Wurzel transportiert wird.

Die grossen Unterschiede und Schwankungen des Rohrzuckergehaltes der Blätter konnte die Vermutung nur bestärken, dass der Rohrzucker der Blätter nur ein zufälliges und kein endgültiges Gebilde sei, der daher zu dem Rohrzucker der Wurzel in keiner engeren Beziehung stehen könne.

Girard,[1]) und unabhängig von ihm Strohmer,[2]) haben gefunden, dass zwar der Rohrzuckergehalt der Rübenblätter während der ganzen Vegetation erheblich schwankt, die direkt reduzierenden Zuckerarten aber ziemlich gleichmässig mit dem Rohrzuckergehalt der Rübenwurzel bis zur Reifezeit zunehmen.

Die konstante Zunahme der Monosaccharide in den Blättern, die proportional der Aufspeicherung von Saccharose verläuft, und die chemische Verwandtschaft dieser Monosaccharide und der Saccharose lässt kaum noch einen Zweifel bestehen, dass der Rohrzucker der Rübe aus diesen Stoffen aufgebaut wird.

Auf welchem Wege die Monosaccharide aus Kohlendioxyd und Wasser gebildet werden, ist noch nicht völlig geklärt. Bei der Rübe ist jedenfalls nicht Stärke das erste nachweisbare Assimilationsprodukt, sondern Traubenzucker, der in den Blättern ganz junger Rübenpflanzen früher vorhanden ist als autochthone Stärke.

Selbst, wenn man annimmt, dass auch bei der Rübe zuerst Stärke gebildet wird, die aber sofort durch Diastase in Traubenzucker übergeht und als Stärke nicht mehr nachzuweisen ist, gelangt man zu keinem tieferen Einblick in die Entstehungsweise der ersten Assimilate, denn die Stärke ist ja eine noch kompliziertere Verbindung als Traubenzucker.

Nach Bayer soll bei der Assimilation CO_2 und H_2O zunächst zu Formaldehyd reduziert werden:

$$CO_2 + H_2O = O:C<\begin{matrix}\boxed{O}\\ \boxed{O}\end{matrix}\begin{matrix}H\\ H\end{matrix} = O:C:H_2 + O_2,$$

aus dem durch Aldolkondensation ein Monosaccharid entsteht.

$$H_2C\overset{\overset{H}{\curvearrowleft}}{O} + C\overset{\overset{H}{\curvearrowleft}}{O} + C\overset{\overset{H}{\curvearrowleft}}{O} + C\overset{\overset{H}{\curvearrowleft}}{O} + C\overset{\overset{H}{\curvearrowleft}}{O} + C\overset{\overset{H}{\curvearrowleft}}{O} = H_2C\overset{OH}{\underset{H}{C}}\overset{OH}{\underset{H}{C}}\overset{OH}{\underset{H}{C}}\overset{OH}{\underset{H}{C}}\overset{OH}{\underset{H}{C}}C:O,$$

die zu einer Polyose kondensiert wird.

Nach einer anderen Annahme soll durch Reduktion von CO_2 und H_2O zuerst Oxalsäure $COOH \cdot COOH$ gebildet werden:

$$2CO_2 + 2H_2O = \begin{matrix}O:C<\\ O:C<\end{matrix}\begin{matrix}\overset{OH}{\boxed{OH}}\\ \underset{OH}{\boxed{OH}}\end{matrix} = \begin{matrix}O:C-OH\\ |\\ O:C-OH\end{matrix} + O + H_2O$$

usw. Jedoch ist für keine dieser Vermutungen der sichere Beweis erbracht. In jungen Rübenblättern ist mit Sicherheit erst der Traubenzucker nach-

[1]) Girard, loco cit., S. 701 u. 849. Organ des Zentralvereines für Rübenzucker industrie in der Österr.-Ungar. Monarchie.

[2]) Strohmer, „Die Entstehung des Zuckers in der Rübe", loco cit., S. 589.

gewiesen. Die vorhergehende Assimilationsphase von CO_2 und H_2O bis zu den Monosacchariden ist noch unbekannt. Daher können wir gegenwärtig den Werdegang des Rohrzuckers in der Rübe auf positiver Basis erst von der Entstehung des Traubenzuckers an verfolgen.

Zum Aufbau der Saccharose genügt Dextrose allein nicht, dazu ist eine gleiche molekulare Menge Laevulose (Fruchtzucker, d-Fruktose) nötig, weil Rohrzucker der Äther dieser beiden Monosaccharide ist. Fruchtzucker ist in den Rübenblättern auch tatsächlich nachgewiesen worden. Ob diese Ketohexose durch Umlagerung des Moleküls der Aldohexose Traubenzucker im Rübenblatt entsteht, oder parallel neben Traubenzucker durch Assimilation von CO_2 und H_2O gebildet wird, ist noch eine offene Frage.

Strakosch[1]) fand folgende lokale Verteilung der reduzierenden Zuckerarten und der Saccharose bei der Untersuchung von Zuckerrübenblättern, die nachmittags um 4 Uhr gepflückt waren: in der Nähe der Blatträndern ist nur Dextrose vorhanden; im Mesophyll der Lamina findet sich Dextrose neben sehr wenig Rohrzucker vor, im Medianus Rohrzucker und Laevulose, im Petiolus Rohrzucker, Maltose (Malzzucker), Dextrose und Laevulose. Die Menge des Rohrzuckers nimmt zu von den Blatträndern gegen die Mitte der Blattspreite, ebenso von dort nach abwärts, und ist am grössten im Blattstiel.

Girard[1]) kommt bei seinen Untersuchungen zu dem Schluss, dass der Aufbau der Saccharose aus den Monosacchariden im Mesophyll des Teiles des Rübenblattes erfolgt, welcher mitten zwischen den Blatträndern und der Mitte des Rübenblattes liegt und ungefähr ein Drittel der gesamten Blattfläche einnimmt.

Der Aufbau des Rohrzuckers scheint durch ein Saccharose bildendes Enzym bewirkt zu werden, welches Gonnermann[2]) in den Rübenblättern nachgewiesen hat.

Neuerdings hat Strakosch[3]) die Wahrnehmung gemacht, dass das Verhältnis des Rohrzuckers und der Monosaccharide im Rübenblatt von der Belichtung abhängt: in beschatteten Rübenblättern war der Prozentgehalt an reduzierendem Zucker stets grösser als der Gehalt an Saccharose. Dies stimmt auch mit der Beobachtung Girards überein, dass der reduzierende Zucker auch über Nacht gleich bleibt, während der Rohrzucker sehr erheblich abnimmt.

Die Erklärung dieser Erscheinung liegt sehr nahe: der Rohrzucker kann aus seinen Komponenten, Traubenzucker und Fruchtzucker, nur unter dem Einflusse des Lichtes aufgebaut werden; bei geringerer Lichtintensität

[1]) Loco cit.

[2]) Gonnermann, Zeitschrift des Vereines der Deutschen Zuckerindustrie 1898, 48. Bd., II. Teil, S. 667.

[3]) Siegfried Strakosch, „Über den Einfluss des Sonnen- und des diffusen Tageslichtes“ usw. loco cit.

(im Schatten) verläuft dieser Prozess langsamer, und in der Dunkelheit (nachts) hört er nahezu gänzlich auf. Die Abnahme des Rohrzuckers während der Nacht ist auf die Auswanderung des Rohrzuckers zurückzuführen, der nur am Tage wieder aus den Monosacchariden ergänzt werden kann. Demnach wäre dies ein Beweis, dass der Rohrzucker in der Rübe im Gegensatz zu der früheren Anschauung wanderungsfähig ist.

Gegen diese Folgerung könnte man einwenden, dass die Blätter während der Nacht einen Teil der Saccharose verarbeiten und zum Aufbau von pflanzlicher Substanz, am nächstliegenden wohl von Polysacchariden, wie Zellulose usw. verwenden. Jedoch wird man für diesen Einwand nur schwer eine Stütze auf Grund durchführbarer Analysen der Blattsubstanz finden können.

Man könnte eher annehmen, dass die Blätter für die genannten Zwecke in erster Linie die Monosaccharide verwenden, die leichter transportiert und chemisch umgestaltet werden können. Es wäre übrigens auch gar nicht denkbar, dass die Blätter alltäglich so grosse Mengen von Rohrzucker zu anderen pflanzlichen Stoffen umbilden und verarbeiten; denn die Blätter von wachsenden Rüben enthalten immerhin nahezu 1 % Rohrzucker, von dem nachts ungefähr die Hälfte verschwindet. Wäre er in Blattsubstanz umgewandelt worden, so müsste bei täglicher Wiederholung dieses Vorganges die Blattsubstanz in einer Weise zunehmen, wie es der Wirklichkeit nicht entspricht.

Sehr naheliegend ist noch die Frage, ob der Rohrzucker des Blattes nicht in invertiertem Zustande über Nacht in die Wurzel befördert wird, ähnlich wie es bei der Kartoffel von der autochthonen Stärke der Blätter bekannt ist. Gegen diese Annahme sprechen die Beobachtungen von Fritz Strohmer,[1]) die er an zwei einjährigen Zuckerrübenpflanzen machte. Der die Blattrosette tragende Kurzstiel war bei der einen Rübe zu einem (24 cm langen) und bei der anderen Rübe zu drei (24, 31 und 5 cm langen) Längsstengeln ausgewachsen. Im übrigen war der Blattapparat vollkommen normal entwickelt. Die erstgenannte Rübe (mit einem Längsstengel) enthielt in der Wurzel 12 % Rohrzucker, im Längsstengel 4 %; die Rübe mit drei Längsstengeln 6 % Rohrzucker. Monosaccharide waren weder in der Wurzel, noch in den Längsstengeln nachzuweisen.

Aus dem hohen Zuckergehalt der Wurzeln ist nach Ansicht des genannten Forschers zu ersehen, dass der Blattapparat in seinem Zuckerbildungsvermögen nicht beeinträchtigt war. Die Bestimmung der Trockensubstanz der Rüben hätte noch klargelegt, ob der hohe Zuckergehalt nicht auf einem niedrigen Wassergehalt beruhte. Würde der Rohrzucker in invertierter Form aus dem Blatt in die Rübenwurzel wandern, so hätte Strohmer in den Längsstengeln unbedingt auch reduzierenden Zucker finden müssen.

[1]) loco cit.

Nach Ansicht Strohmers ist der Rohrzuckergehalt der Längsstengel auf die Wanderung von Rohrzucker aus den Blättern in die Rübenwurzel zurückzuführen. Die Abwesenheit von reduzierendem Zucker und der beträchtliche Saccharosegehalt in den Längsstengeln führen zu dem Schluss, dass der Rohrzucker ohne vorhergehende Inversion in unveränderter Form den Weg aus den Blättern in die Wurzel zurücklegt.

Damit ist die Wanderungsfähigkeit der Saccharose auch bei der Rübe bewiesen worden, und der Mais liefert nicht mehr das einzige Beispiel für die Permeabilität von Rohrzucker durch die lebenden Zellmembranen. Ob aber die Zellmembranen der Rübenpflanze dauernd für Rohrzucker permeabel sind oder ob diese Eigenschaft im Sinne Pfeffers nur zeitweilig in regulatorischer Weise auftritt, ist noch nicht klargelegt. Alle Vermutungen, nach denen die Wanderungsfähigkeit der Saccharose nur zu bestimmten Tageszeiten oder unter dem Einfluss bestimmter Lichtgattungen oder der Elektrizität usw. möglich ist, bedürfen noch eingehender Untersuchungen, bevor man darüber Behauptungen aufstellen darf. Wenn der Rohrzuckergehalt in den Blättern am Tage grösser ist als nachts, so kann daraus noch nicht mit Sicherheit geschlossen werden, dass der Rohrzucker nur nachts aus den Blättern in die Wurzel transportiert wird. Diesen Unterschied wird man auch dann vorfinden, wenn am Tage mehr Rohrzucker aufgebaut wird, als gleichzeitig in die Wurzel wandert. Mit Recht machen daher Girard und Strakosch, die diese Unterschiede zuerst wahrnahmen, keine bestimmten Schlüsse auf eine verschiedene Wanderungsfähigkeit des Rohrzuckers am Tage und in der Nacht.

2. Motivierung der eigenen Versuche.

Durch die obengenannten Forschungen wird man zu der Ansicht geführt, dass die Saccharose fertig in den Rübenblättern entsteht und dann als endgültiger Reservestoff durch die Blattstiele in die Rübenwurzel wandert, wo sie namentlich in den Zellen der Siebröhren aufgespeichert wird. Diese Untersuchungen handeln nur von Zuckerrüben, wie überhaupt chemisch-physiologische Forschungen über Zuckerrüben weit mehr angestellt worden sind als über Futterrüben. Zwar kann man nicht ohne weiteres alle Vorgänge der zuckerreichen Varietät auf die anderen Rüben übertragen, wie gerade auch die Resultate dieser Arbeit zeigen werden. Doch ist mit grösster Wahrscheinlichkeit anzunehmen, dass die Vorgänge, die Girard, Strakosch und Strohmer bei der Bildung, Wanderung und Aufspeicherung der Saccharose nachgewiesen haben, allgemein bei Beta vulgaris, also auch bei Futterrüben so verlaufen.

Jedenfalls ist durch die Arbeiten dieser Forscher die Hypothese, dass die Saccharose in den Rüben aus Monosacchariden (reduzierenden Zuckerarten) aufgebaut wird, bestätigt worden; jedoch müssen sie den Ort des letzten Aufbaues in die Blätter verlegen, da sie in wachsenden Rüben nur im jüngsten Stadium reduzierenden Zucker finden, der aber bald auf 0,0 %

herabsinkt. Nach den Untersuchungen von Claassen[1]) ist Invertzucker sicher in der Rübe enthalten, allerdings nur in sehr geringen Mengen. Doch ist dies noch kein Beweis, dass Saccharose auch in den Rübenwurzeln aufgebaut wird. Der reduzierende Zucker der Rübenwurzel braucht gar nicht als solcher in Form von Monosacchariden eingewandert zu sein, sondern ist vielleicht erst in der Wurzel durch Inversion von Rohrzucker entstanden. Selbst wenn er als reduzierender Zucker in die Wurzel gelangt ist, so können wir allein aus seiner Anwesenheit keinen Schluss ziehen, dass der Aufbau des Rohrzuckers aus Monosacchariden auch in der Wurzel stattfindet.

Um nun diese Vorgänge insbesondere bei den Futterrüben zu studieren, entschloss ich mich auf Anregung von Herrn Geheimrat Prof. Dr. Wohltmann in Halle a. S., die reduzierenden und nicht reduzierenden Zucker-Arten in verschiedenen Futterrübensorten und zum Vergleich auch in Zuckerrüben während der Vegetation und der Lagerung in Mieten periodisch zu untersuchen.

Zweck und Aufgabe des ersten experimentellen Teiles dieser Arbeit ist, festzustellen, ob in den wachsenden Futterrüben reduzierender Zucker vorhanden ist und ob seine Mengen sich während des Wachstums in irgend einem Verhältnis zum Saccharosegehalt oder der Saccharoseproduktion der Rübe ändert. Hieraus und aus der Verteilung des reduzierenden und nicht reduzierenden Zuckers in Kopf und Rübe sollen Schlüsse gezogen werden, ob bei Futterrüben ein Aufbau der Saccharose aus ihren Komponenten in der Rübenwurzel anzunehmen ist, oder ob diese Versuche vielmehr von einem anderen Gesichtspunkte aus als Gegenprobe die Ergebnisse der drei obengenannten Forscher erst recht bestätigen und ihre unbedingte Gültigkeit auch auf die Futterrüben ausdehnen. Wenn auch in der Wurzel Rohrzucker aus Monosacchariden aufgebaut wird, so müssen bei der Voraussetzung gleichbleibender Wanderungsgeschwindigkeit in den Köpfen grössere Mengen reduzierenden Zuckers gefunden werden als in der Rübe, weil die Monosaccharide auf ihrem Wege aus den Blättern in die Wurzel insgesamt durch den Rübenkopf (den Kurzstiel der Blattrosette) gelangen müssen.

Weiter soll die Bestimmung des reduzierenden Zuckers während des Wachstums der Rüben dazu dienen, die invertierende Tätigkeit der verschiedenen Futterrübensorten bei der Lagerung zu erklären helfen. Denn den praktisch wichtigeren Teil dieser Arbeit bilden die Untersuchungen über Veränderung des Rohrzuckers in den Futterrüben bei der Lagerung in Mieten. Wohltmann[2]) hatte bei seinen mehrjährigen Untersuchungen von zahlreichen Futterrübensorten nach der Lagerung in Mieten eine sehr verschiedene, aber in bezug auf Masse und Gehalt der Rüben ziemlich gesetzmässige Abnahme der Trockensubstanz konstatieren müssen. Gleich-

[1]) Herzog, Monographie der Zuckerrübe 1899, S. 25.

[2]) Illustr. Landw. Zeitung 1897, Nr. 9, 10, 101 und 102; 1899 Nr. 2 und 5; 1901 Nr. 14 und 15; 1903 Nr. 4, 5, 7, 9 und 12; 1904 Nr. 86.

zeitig war auch die Polarisation mehr oder minder stark zurückgegangen. Wie sich durch spätere Untersuchungen[1]) ergab, kann die Abnahme der Polarisation zum Teil auch auf einer Spaltung von Saccharose und Invertzucker beruhen. Bei unnormalen Verhältnissen wird schon nach wenigen Wochen ein erheblicher Teil des Rohrzuckers invertiert.

Für die Praxis ist es nun von der grössten Wichtigkeit, zu wissen, in welcher Weise diese Inversion des Rohrzuckers in normal eingemieteten Rüben verläuft und welchen Höhepunkt sie zu Beginn des Frühjahrs erreicht. Unter Umständen könnte dadurch die polarimetrische Bestimmung des Rohrzuckers in eingemieteten Futterrüben, namentlich zum Zwecke der Züchtung auf Zuckergehalt, in ihrer Brauchbarkeit in Frage gestellt werden.

Durch die Bestimmung des Gesamtzuckers (= reduzierender Zuckerarten + invertierter Rohrzucker) soll kontrolliert werden, wieviel die zuckerreichen und zuckerärmeren Futterrübensorten von ihrem anfänglichen Gesamtzucker während der Lagerung in der Miete veratmen bezw. abnehmen.

Entsprechend den Trockensubstanzverlusten, die Wohltmann bei zuckerreichen und zuckerärmeren Futterrübensorten verschieden gross fand, schloss ich auch auf eine verschieden grosse Inversion in Rüben mit ungleicher Konzentration des Zuckers und der anderen Stoffe. Vor allem aber waren Analogien zwischen dem Gehalte der Futterrüben an reduzierendem Zucker während des Wachstums und der Ruhepause im Winter zu vermuten. Die invertierende Tätigkeit der Rübe beim Lagern kann naturgemäss viel besser verstanden und richtiger beurteilt werden, wenn man weiss, in welchem Verhältnis schon während der Vegetation im ersten Jahre reduzierender Zucker und Saccharose vorhanden waren. Alle diese Fragen können nicht einfach durch Überlegung, sondern erst auf Grund experimenteller Versuche gelöst werden.

II. Experimenteller Teil.

3. Erörterung und Ermittelung der Methoden zur Bestimmung des Gesamtzuckers und des direkt reduzierenden Zuckers in den Rüben.

Um die gestellten Fragen beantworten zu können, mussten die Monosaccharide und die Saccharose in den Rüben während des Wachstums und der Lagerung periodisch bestimmt werden.

In der mir zugänglichen Literatur über die Untersuchung landwirtschaftlicher und technischer Stoffe konnte ich keine geeignete und hinreichend genaue Methode zur Bestimmung der Monosaccharide, speziell in Futter- und Zuckerrüben finden. Mikrochemische Methoden, die bei den physiologischen Forschungen vielfach angewendet werden, kamen für mich nicht in Betracht, weil sie mir bei der Untersuchung der Rüben, wo mir

[1]) Immendorff, Mitteilungen der D. L.-G. Stück 43.

genügend viel Ausgangsmaterial zur Verfügung stand, keinen besonderen Vorteil gewähren konnten. Auch die makrochemischen Bestimmungen der Zuckerarten durch Überführung derselben in ihre Osazone schien mir zu kompliziert, um bei der grossen Anzahl von Untersuchungen, die ich vornehmen musste, verwendbar zu sein. Da es mir auch genügte, die Monosaccharide in ihrer Gesamtheit neben der Saccharose zu erkennen, wählte ich für meine Zuckerbestimmungen die Reduktionsmethode mit FEHLINGscher Lösung und die Polarisation. Zu einer genauen Bestimmung der Saccharose und der Monosaccharide nebeneinander in den Rüben genügt die Polarisation und die direkte Reduktion mit FEHLINGscher Lösung nicht. Dazu muss man entweder die Art der reduzierenden Monosaccharide näher kennen, um ihre Drehung an dem erhaltenen Polarisationswert der Rüben in Anrechnung zu bringen, oder man muss nach der Inversion der Saccharose nochmals polarisieren, um aus dem Rückgang der Polarisation die invertierte Saccharose neben den Monosacchariden berechnen zu können. Jedoch wurde die Bestimmung der einzelnen reduzierenden Zuckerarten aus den bereits erwähnten Gründen nicht durchgeführt. Andererseits gibt die Polarisation des Rübenbrei-Auszuges nach der Inversion infolge des niedrigen Saccharosegehaltes der Futterrüben einen zu geringen Ausschlag, zumal man bei der Fällung des Bleies aus dem überschüssigen Bleiessig noch um einen aliquoten Teil verdünnen muss. Die Manipulationen zur Erzielung einer höheren Konzentration durch Eindampfen oder Verwendung einer grösseren Rübenbreimenge auf das gleiche Volum vermehren aber hier auch die Fehlerquellen. Daher wurde auch das Verfahren auf Grund der Vorversuche aufgegeben.

Um sowohl die Monosaccharide als auch die Saccharose genügend sicher und durch eine gleichartige Methode zu ermitteln, wählte ich die Reduktion von FEHLINGscher Lösung auch für die Bestimmung der invertierten Saccharose. Auf diesem Wege konnte ich die einzelnen Zuckerarten auch nicht als solche bestimmen, wenn ich nicht komplizierte Methoden mit Reduktion der FEHLINGschen Lösung unter verschiedenen Verhältnissen anwenden wollte, sondern nur die direkt reduzierenden Zuckerarten in ihrer Gesamtheit und dann nach der Inversion die vorher nicht reduzierenden Disaccharide zusammen mit den direkt reduzierenden Zuckerarten. Die letzte Gruppe besteht in den Futter- und Zuckerrüben fast ausschliesslich aus Saccharose, da unter normalen Verhältnissen invertierbare andere Di- oder Polysaccharide, die in Wasser oder Alkohol löslich sind, so gut wie nicht vorhanden sind.

Die direkt reduzierenden Zuckerarten der Rüben können insgesamt als Monosaccharide betrachtet werden, weil Saccharose FEHLINGsche Lösung nicht reduziert, und in normalen Rüben reduzierende Disaccharide (Maltose, Milchzucker usw.) höchstens in Spuren vorhanden sind.

Nach diesen Erwägungen gibt also die Unterscheidung zwischen direkt reduzierenden und erst nach der Inversion reduzierenden Zuckerarten mit

befriedigender Genauigkeit eine Trennung der Monosaccharide von der Saccharose. Natürlich erhält man auf diese Weise die Saccharose nicht für sich allein, sondern nur zusammen mit den Monosacchariden, weil die Reduktion vor und nach der Inversion nicht in der nämlichen Probe hintereinander vorgenommen werden kann. Deshalb bestimmt man den direkt reduzierenden Zucker und die invertierte Saccharose zusammen mit den Monosacchariden in zwei getrennten Proben. Bei dieser zweiten Bestimmung erhält man den Gesamtzucker (= invertierte Saccharose + reduzierenden Zucker). Um aus der Reduktionswirkung vor und nach der Inversion den reinen Saccharosegehalt zu berechnen, zieht man unter Berücksichtigung der verschiedenen Konzentrationen vom Gesamtzucker (als Invertzucker) die Monosaccharide ab und rechnet den Invertzucker auf Saccharose um.

Die Polarisation des Zuckergehaltes in den Rüben wurde von vornherein ins Auge gefasst, um die Resultate derselben bei frischen und gelagerten Rüben stets mit der Bestimmung des Rohrzuckers nach der Reduktionsmethode zu vergleichen.

Nachdem ich mich für das gewichtsanalytische Verfahren entschieden hatte, weil bei dem maßanalytischen Verfahren infolge des geringen Gehaltes der frischen Rüben an Monosacchariden sehr viel Substanz hätte extrahiert werden müssen, ging ich daran, einen geeigneten Auszug des Rübenbreies herzustellen, in dem ich die Bestimmung des direkt reduzierenden und des Gesamtzuckers sowie die Polarisation möglichst genau vornehmen konnte. Es standen mir zunächst folgende Methoden, die bei der polarimetrischen Bestimmung des Rohrzuckers in Rübenzucker allgemein angewendet werden, zur Verfügung: die Kaltwasserdigestion, die Heisswasserdigestion, die heisse alkoholische Digestion und die Alkohol-Extraktion mit Soxhletapparaten.

Bei den Vorversuchen stellte ich mir diese Auszüge unter Beobachtung der von Herzfeld hierüber veröffentlichten neuesten Angaben[1]) in mehreren parallelen Anordnungen her, um die Brauchbarkeit dieser Methoden speziell für die Bestimmung des reduzierenden Zuckers und des Gesamtzuckers zu prüfen. Zuerst schaltete ich auf Grund meiner Vorversuche die Kaltwasserdigestion aus. Ich musste nämlich wegen des sehr geringen Gehaltes der Rüben an reduzierendem Zucker einen möglichst konzentrierten Auszug herstellen, um einen genügenden Kupferniederschlag zu bekommen, der in den Tabellen für die Ermittelung des Zuckers noch verzeichnet ist. Weil ich daher das $1^1/_2$ oder 2fache Normalgewicht Rübenbrei pro 100 ccm nehmen musste, fielen schon die Polarisationen der Parallelversuche mit dieser Methode ungleichmässig aus. In dieser grossen Menge Rübenbrei (52,1 g pro 100 ccm) bleibt sehr viel Luft in dem Brei eingeschlossen, die nicht entfernt werden kann und dadurch die

[1]) Zeitschrift für angewandte Chemie 1907.

Bestimmung des Volums fehlerhaft beeinflusst. Auch die Konzentration des Zuckers im Safte des Breies und der Digestionsflüssigkeit gleicht sich in kaltem Wasser in diesem Falle nur sehr langsam und mangelhaft aus.

Nach den neuesten Vorschriften soll man dementsprechend bei der Wasserdigestion nur das halbe Normalgewicht in 100 ccm digerieren. Die alkoholische Digestion behielt ich auch nicht bei, aus dem Grunde, weil dann, wenn Alkohol verwendet werden soll, auch die viel genauere Alkoholextraktion durchgeführt werden kann, bei der man das Markvolum nicht in Rechnung zu ziehen braucht und auch das Ende der Zuckerextraktion genau kontrollieren kann. Für die weiteren Vorversuche behielt ich aus den erörterten Gründen nur die alkoholische Extraktion und die heisse Wasserdigestion bei, da bei der letzteren auch aus einer grösseren Breimenge die Luft völlig ausgetrieben wird und die wasserlöslichen Stoffe besser aus den Rübenzellen heraustreten. Vor der alkoholischen Extraktion hat die Heisswasserdigestion den Vorteil, dass der Alkohol vor der Reduktion nicht verjagt werden muss.

Nach diesen beiden Methoden machte ich in einer grösseren Anzahl von parallelen Proben die Bestimmungen der Polarisation des direkt reduzierenden Zuckers und des Gesamtzuckers.

Ich verfuhr bei diesen Untersuchungen folgendermassen: eine grössere Anzahl Rüben wurde gewaschen, abgetrocknet, ungefähr 1 Stunde an der Luft liegen gelassen, darauf axial zerschnitten und von jeder Rübe ein aliquotes Segment zerrieben. Hierzu benutzte ich eine starke Küchenreibemaschine (Alexanderwerk), deren Handkurbel ich durch ein kleines Rad ersetzte, um dieses durch einen Riemen mit dem Elektromotor zu verbinden. Ich konnte die Tourenzahl des Reibzylinders nur auf 400—500 Umdrehungen in der Minute einrichten, doch entspricht dies der Rotationsgeschwindigkeit von 2000 Umdrehungen der Bohrer an der Rübenbohrmaschine von Keil & Dolle, Quedlinburg, da der Reibzylinder einen 5—6 mal grösseren Durchmesser hat wie ein gewöhnlicher Rübenbohrer. Mit Hilfe dieser Vorrichtung konnte ich die Rübensegmente bis auf die Rübenschwänze zu einem nahezu unfühlbaren Brei zerreiben. Dieser wurde mit der Hand gut durchgemischt, die gröberen Teile daraus entfernt und dann sofort die Proben in dünnen Glasschalen von bekanntem Gewicht abgewogen. Um möglichst genaue Durchschnittsproben zu entnehmen und auch beim Ablesen der Polarisation von Parallelbestimmungen ganz unbefangen zu sein, wog ich nicht genau das Normalgewicht pro 100 ccm Kolbeninhalt ab, sondern stellte die gewogenen Glasschalen auf eine Briefwage, füllte dort nach jedesmaligem Mischen mit der Hand ungefähr das doppelte Normalgewicht, 50—55 g (pro 200 ccm), ein und wog dann die Proben auf der Analysenwage sofort genau ab.

Zur Heisswasserdigestion wurde der Brei gleich nach der Wägung mit 6—10 ccm Bleiessig pro Normalgewicht (im Überschuss) versetzt, mit einer feinen schmalen Hornspatel gut durchgemischt, verlustlos in 200 ccm-

Kolben gefüllt und mit siedend heissem Wasser quantitativ nachgespült, bis nahe zur Marke aufgefüllt und im Wasserbad von 90° C. unter Umschütteln 20 Minuten digeriert. Der Schaum wurde mit starkem Alkohol entfernt, die Kolben abgekühlt, bis zur Marke aufgefüllt, umgeschüttelt, nach 1—2 Stunden unter Umschütteln filtriert und im 400 mm-Rohr polarisiert.

Für die Alkoholextraktion wurde der gewogene Rübenbrei in den Schalen mit 2 bis höchstens 3 ccm Bleiessig pro Normalgewicht und mit einigen ccm 90 %igen Alkohol durchgemischt, dann mit einem langen spatelförmig endigenden Eisendraht in die Soxhletextraktionsapparate gefüllt und mit Alkohol quantitativ nachgespült. Die Heberrohröffnung der Extraktionsapparate suchte ich nach den Angaben der Literatur durch vorgelegten losen Filz vor der Verstopfung mit Rübenbrei zu schützen. Doch machte ich dabei die Erfahrung, dass der Filz durch den wässerig-schleimigen Brei der Futterrüben zusammengeballt wurde und das Hinüberheben der Flüssigkeit erst recht verhinderte. Auch durch Vorlegen eines 3 cm hohen Drahtnetzes, welches Herzfeld damals empfahl, kam ich bei der Extraktion von Futterrübenbrei nicht viel weiter. Am besten eignete sich Glaswolle, die sich beim Befeuchten gut vor die Heberrohröffnung anschmiegte und infolge ihrer Steifheit auch genügend locker blieb, um ein tadelloses Hebern zu ermöglichen. Den Alkohol brachte ich im Wasserbade zum Sieden und liess die Kolben recht tief eintauchen. Die Apparate mit dünnem Heberrohr oder scharfer Krümmung desselben funktionierten insoweit schlechter, als jeder Tropfen Alkohol, der aus dem Kolben in den Apparat überdestilliert war, sofort auch abgehebert wurde, während die Apparate mit genügend weitem Heberrohr regelrecht heberten.

Das Ende der Extraktion des Zuckers wurde stets kontrolliert, indem einige Tropfen der Auslaugeflüssigkeit aus dem Heberrohr in einem Reagensgläschen mit α-Naphtollösung und untergeschichteter Schwefelsäure auf Zucker geprüft wurden. Die Erschöpfung des Rübenbreies erfolgte nach 4—8 Stunden, vom Beginn der Extraktion an gerechnet. Die Angabe von König: „Untersuchung landwirtschaftlich und gewerblich wichtiger Stoffe“ 1906, S. 600, ist daher mit Vorsicht aufzufassen.

Am längsten dauerte die Extraktion bei den am Ende des Wasserbades befindlichen Apparaten, weil diese weniger gut von dem warmen Wasserdampf umgeben wurden und daher ein grösserer Teil des verdampften Alkohols bereits in dem seitlichen Destillierrohr der Soxhlet-Apparate abgekühlt wurde.

Nach Beendigung der Extraktion wurde das untere Rohrende des Soxhlets und die untere Fläche des Verbindungsstopfens mit Alkohol in den Kolben abgespült, die Flüssigkeit im Kolben abgekühlt, mit Alkohol bis zur Marke aufgefüllt, durchgeschüttelt, durch Faltenfilter unter Bedeckung der Trichter mit Glasscheiben filtriert und polarisiert. Wenn das zuerst durchgelaufene Filtrat nicht ganz blank war, weil anfangs geringe

Mengen ganz feinen Niederschlages durchdrangen oder vom Filter Stäubchen und Härchen mitgespült wurden, wurde der erste Teil auf das Filter zurückgegossen.

Nach einer neueren Untersuchung von Zscheye[1]) wäre es aber richtiger gewesen, den ersten Teil des Filtrates wegzugiessen, weil er etwas niedriger polarisiert als das übrige Filtrat. Diese Beobachtung hatte ich bei der Polarisation des alkoholischen Auszuges ebenfalls gemacht, als ich das erste Filtrat direkt ins Rohr laufen liess und die Polarisation mit der der übrigen Flüssigkeit verglich. Ich fand bei wiederholter Versuchsanstellung einen durchschnittlichen Unterschied von — 0,1° Drehung des ersten Filtrates; jedoch führte ich die höhere Polarisation der übrigen Flüssigkeit auf die Verdunstung von Alkohol zurück und hielt von da an alle Gefässe noch viel sorgfältiger bedeckt oder verschlossen. Zscheye[2]) kommt auf Grund seiner Untersuchungen zu der Annahme, dass die Zellulose, auch die des Filters und des Rübenmarkes, etwas Zucker aus Lösungen absorbiert. Er filtrierte dieselbe Zuckerlösung durch ein und durch mehrere ineinander gesteckte Filter und fand die Differenz der Polarisation des zuerst durchgelaufenen Filtrates proportional der Anzahl der Filter. Weiter fand er, dass auch die Zellulose des Rübenbreies Zucker absorbiert, indem er den erschöpften Rübenbrei bei der alkoholischen Extraktion nachträglich in die extrahierte Zuckerlösung brachte.

Die Polarisation des alkoholischen Extraktes des Futterrübenbreies nahm ich ebenfalls in der 400 mm-Röhre vor, wenn die Lösung nicht zu stark gefärbt war. Das Rohr musste bei den Alkoholmethoden stets einige Minuten im Polarisationsapparat liegen bleiben, bevor ich genau einstellen und ablesen konnte.

Da ich aus den erwähnten Gründen nicht genau das Normalgewicht pro 100 ccm abgewogen hatte, musste der Zuckergehalt der Rüben aus der Ablesung am Polarisationsapparat erst berechnet werden. Ich arbeitete mit einem neuen Apparat von Schmidt & Hänsch, bei dem 1° Drehung auf 200 mm Rohrlänge 0,26048 g Rohrzucker in 100 ccm der polarisierten Lösung entspricht.

Wenn

d = abgelesene Drehungsgrade für das 200 mm-Rohr,
K = das Volum des Kölbchens in Kubikzentimeter,
B = die abgewogene Menge Rübenbrei in Gramm,
P = die durch die Polarisation sich ergebenden Rohrzuckerprozente

bedeutet, so sind in B g Rübenbrei $= \frac{d \,.\, 0{,}26048 \,.\, K}{100}$ g Rohrzucker.

Aus $\left(\frac{d \,.\, 0{,}26048 \,.\, K}{100}\right) : B = P : 100$ folgt für den Prozentgehalt des Rohrzuckers in der Rübe:

[1]) Zscheye, „Über Fehlerquellen bei der Bestimmung des Zuckergehaltes.“ Zeitschrift für Rübenzuckerindustrie 1908, S. 437.

[2]) loco cit.

$$P = \frac{d \cdot 0{,}26048 \cdot K}{B}.$$

Genau gilt die Formel nur für das Extraktionsverfahren; bei den Digestionsmethoden muss vom Inhalt des Kolbens K das Markvolum des Rübenbreies abgezogen werden.

Das Markvolum beträgt im Mittel für 52,096 (52,1) g Rübenbrei = 1,2 ccm, für 1 g 1,2 : 52,1 = 0,023 ccm (= f); K — B . 0,023 ergibt das Volum der Lösung im Kölbchen. Demnach gilt bei den Digestionsmethoden für die Berechnung der Rohrzuckerprozente die Formel:

$$P = d \cdot \frac{0{,}26048\,(K - B \cdot 0{,}023)}{B}.$$

Da ich zur Digestion stets 201,2 ccm Kolben für 48,000—58,000 g Brei verwendete, so stellte ich mir zur bequemeren und rascheren Ausrechnung folgende kleine Tabelle auf, in der ich aus dem Rübenbrei sofort die Flüssigkeit im Kolben (K — B 0,023) bezw. den Logarithmus des ganzen Ausdruckes 0,26048 (201,2 — B . 0,023) ablesen konnte. Es genügte, das Markvolum für ganze Gramme Rübenbrei zu berücksichtigen, weil dasselbe für 1 g Rübenbrei nur 0,023 ccm (ca. einen halben Tropfen) beträgt.

B. gr	M. V. ccm	Kfl. 201,2 — B. f.	log. (201,2 — B. f.)	log. 0,26048 + log. (201,2 — B. 0,023)	B. gr
48	1,10	200,10	30125	1,71703	48
49	1,13	200,07	118	1,71696	49
50	1,15	200,05	114	692	50
51	1,17	200,03	110	688	51
52	1,20	200,00	103	681	52
53	1,22	199,98	30099	677	53
54	1,24	199,96	94	672	54
55	1,27	199,93	88	666	55
56	1,29	199,91	83	661	56
57	1,31	199,89	79	657	57
58	1,33	199,87	75	653	58

Die Polarisationsbestimmungen meiner ersten Vorversuche, bei denen ich auch die Kaltwassermethode und die heisse Alkoholdigestion mit verglich, führe ich hier nicht an, da sie für die weiteren Arbeiten keine Bedeutung haben. Ich erlangte jedoch bei den sehr zahlreichen und sorgfältigen Bestimmungen die nötige Übung und Sicherheit im Polarisieren.

Wenn ich bei den Resultaten meiner Polarisationen auch die Hundertstel-Prozente angebe, die ich bei der Ausrechnung nach obiger Formel erhielt, so geschieht dies, weil ich mit wenigen Ausnahmen stets durch das 400 mm-Rohr polarisierte und dabei 5 Hundertstel direkt ablesen konnte. Statt die bei der Ausrechnung sich ergebende zweite Dezimale auf 0,05 % Genauigkeit zu korrigieren, lies ich sie unverändert, zumal ich stets das Mittel aus zwei parallelen Bestimmungen nahm.

Wie bereits erwähnt, behielt ich für die weitere Prüfung aus den angegebenen Gründen nur die Heisswasserdigestion und die alkoholische Extraktion bei. In diesen Auszügen des Rübenbreies nahm ich die Bestimmung der Polarisation des direkt reduzierenden Zuckers und des Gesamtzuckers vor und erhielt dabei folgende Unterschiede (s. Tabelle III):

Tabelle III.

Rübensorte:	Rüben:			Köpfe:		
	Heisswasserdigestion % Rohrzucker	Alkohol-Extraktion % Rohrzucker	Differenz des Mittels	Heisswasserdigestion % Rohrzucker	Alkohol-Extraktion % Rohrzucker	Differenz des Mittels
Oberndorfer	7,35	7,44		6,12	6,18	
	7,29	7,37		6,08	6,11	
Differenz:	0,06	0,07		**0,04**	**0,07**	
Mittel:	7,32	7,41	0,09	6,10	6,15	+ 0,05
Eckendorfer	6,65	6,62		6,20	6,21	
	6,61	6,56		6,14	6,00 +	
Differenz:	0,04	**0,06**		0,06	0,21	
Mittel:	6,13	6,59	— 0,04	6,17	6,11	— 0,06
Leutewitzer	6,28	6,35		5,77	5,89	
	6,21	6,41		5,70	5,80	
Differenz:	0,07	**0,06**		0,07	0,09	
Mittel:	6,25	6,38	0,13	5,74	5,85	+ 0,11
Futterzuckerrüben	7,56	7,74		6,09	6,02	
	7,54	7,65		6,03	5,85 +	
Differenz:	**0 02**	0,09		0,06	0,17	
Mittel:	7,55	7,70	**0,15**	6,06	5,93	**— 0,13**
Zuckerrüben	10,63	10,75		8,75	8,67	
	10,57	10,67		8,70	—	
Differenz:	0,06	0,08		0,05	—	
Mittel:	10,60	10,71	0,11	8,73	8,67	— 0,04
Leutewitzer mit starker N-Düngung	5,96	5,99		5,22	5,18	
	5,88	—		—	5,10	
Differenz:	**0,08**	—		—	0,08	
Mittel:	5,92	5,99	0,07	5,22	5,14	— 0,08
Eckendorfer mit starker N-Düngung	5,73	5,78		5,04	5,02	
	5,70	5,62 +		4,96	4,75	
Differenz:	0,03	**0,16**		**0,08**	**0,27**	
Mittel:	5,72	5,70	— 0,02	5,00	4,88	— 0,12
Mittlere Differenz der Parallelproben	**0,05**	**0,09**		**0,06**	**0,15**	
Mittlere Differenz des Mittels	—	—	**0,07**	—	—	**— 0,04**

In der vorstehenden Tabelle sind zunächst nur die Zahlen für die polarisierten Rohrzuckerprozente zusammengestellt, die ich nach den zwei

genannten Methoden bei einer grösseren Versuchsserie in frischen, 12 Monate alten Rüben erhielt. Die Rüben und Köpfe wurden getrennt nach beiden Methoden in je zwei Parallelproben untersucht.

Aus diesen Zahlen ist vorläufig folgendes zu ersehen: die Parallelversuche der Heisswasserdigestion stimmen im allgemeinen besser überein (Differenz bei den Rüben = 0.02 – 0.08, im Mittel 0.05, bei den Köpfen = 0.04 – 0.08, im Mittel 0.06), wie je zwei gleiche Bestimmungen nach der Extraktionsmethode (Differenz bei den Rüben = 0.06 – 0.16, im Mittel 0,09, bei den Köpfen = 0,07 – 0,27, im Mittel 0,15).

Die Extraktion ergibt bei der Untersuchung der Rüben meist einen etwas **höheren** Wert als die Heisswasserdigestion (bis zu 0.15 % Rohrzucker, im Mittel 0.07), bei der Untersuchung der **Köpfe** jedoch sind die erhaltenen Werte meist **niedriger** (bis zu – 0.13 %, im Mittel – 0.04 %).

Wenn der mittlere Prozentgehalt der Bestimmungen nach der Extraktionsmethode kleiner erschien, beruhte dies fast immer auf einer schlechten Übereinstimmung der beiden Parallelversuche. In der Tabelle III sind die Kontrollbestimmungen, die um 0.10 % und mehr differierten, durch ein – gekennzeichnet. Bei diesen Proben war die Erschöpfung des Rübenbreies erst nach 7—8stündiger Extraktion erfolgt. Deshalb vermutete ich, dass bei dem langen Kochen ein geringer Teil des Rohrzuckers invertiert worden sei. Darüber gab mir die Bestimmung des direkt reduzierenden Zuckers und des Gesamtzuckers in diesen Proben Aufschluss.

Den direkt reduzierenden Zucker berechnete ich bei diesen Vorversuchen als Glykose. Ich fand in den Tabellen für die gewichtsanalytischen Zuckerbestimmungen nur die Glykose auch für solch geringe Kupfermengen berechnet, wie ich sie hier erhielt. Vorläufig kam es mir bei diesen Vorversuchen im wesentlichen nur auf die Reduktionswirkung des Rübenbreiauszuges an.

Die Reduktion mit Fehlingscher Lösung nahm ich nach dem Allihnschen Verfahren zur gewichtsanalytischen Bestimmung der Glykose vor:[1])

30 ccm Kupfersulfatlösung nach Soxhlet (34.630 g chemisch reines kristall. $SO_4Cu + 5$ aq. zu 500 ccm gelöst),

30 ccm Seignettesalzkalilauge (173 g Seignettesalz + 125 g KOH zu 500 ccm gelöst),

60 ccm Wasser wurden zusammen in einer Porzellanhenkelschale (Kasserole) zum Kochen erhitzt,

sodann

25 ccm der nicht mehr als 1prozentigen Zuckerlösung zugegeben und noch weitere 2 Minuten im Kochen erhalten.

Das ausgefällte Kupferoxydul wurde sofort in ein Soxhletsches Asbestfilterröhrchen abfiltriert. Die obere Öffnung der Röhrchen liess ich zum bequemeren Eingiessen und sicheren Abspülen des hochsteigenden Nieder-

[1]) König, Untersuchung landw. und gewerblich wichtiger Stoffe 1906. S. 229 ff.

schlages zu einem kleinen Trichter erweitern. Dadurch wurde das Aufsetzen eines Trichterchens entbehrlich. Der Asbest war vorher mit Natronlauge und Salpetersäure behandelt, mit heissem destilliertem Wasser bis zur neutralen Reaktion gewaschen und dann durch Schlämmen in zwei Teile geteilt worden. In den Hals der Röhrchen wurde zunächst ein kleiner Pfropfen Glaswolle gebracht, auf diesen die längeren Asbestfasern und obenauf eine 3—5 mm dicke Schicht von dem abgeschlämmten Asbest. Die Glaswolle erwies sich aber als ungeeignet, weil auch beim vorsichtigsten Glühen stets ein Teil an das Röhrchen anschmolz; demzufolge sprang dieses an der Stelle auch bei ganz allmählicher Abkühlung sehr oft, bisweilen erst lange Zeit nachher. Wenn ich statt Glaswolle einige lange Amianthfasern zu unterst gekrümmt einlegte, sprangen die Röhrchen nicht mehr. Damit aber auch bei oft wiederholtem Gebrauch sicher kein Asbest beim Filtrieren mitgerissen werden konnte, legte ich in den Hals der Röhrchen je einen kleinen fein durchlöcherten Platinkonus, die ich mir nur 9 mm weit anfertigen liess.

Der mit heissem Wasser, Alkohol und Äther ausgewaschene Niederschlag wurde nicht im Wasserstoffstrom zu Kupfer reduziert, weil dies bei der grossen Anzahl von Bestimmungen zu lästig gewesen wäre, sondern ich führte ihn durch Erhitzen in einem trocknen (durch konzentrierte Schwefelsäure geleiteten) Luftstrom in Kupferoxyd über und wog ihn in dieser Form.[1]) Das ausgewogene Kupferoxyd wurde auf Kupfer umgerechnet,[2]) aus den Weinschen Tabellen die entsprechende Menge Dextrose bestimmt und daraus der Prozentgehalt der Rübe an reduzierendem Zucker berechnet.

Einige der ersten Bestimmungen reduzierte ich nachträglich auch zu Kupfer und überzeugte mich, dass bei meiner Versuchsanordnung die Oxydation des Kupfers im trocknen Luftstrom richtige Resultate lieferte.

Dass man den filtrierten Niederschlag nach 1—2 stündiger Trocknung bei 100° C. und Abkühlung im Exsikkator auch als Kupferoxydul wiegen kann, wurde mir leider erst später bekannt, sonst hätte ich diese einfachere und rascher zum Ziel führende Methode angewandt, zumal die Filterröhrchen bei wiederholtem Glühen nicht unbegrenzt haltbar sind. Das sorgfältige Herstellen eines gut filtrierenden Asbestfilterröhrchens und die Wiederholung einer Analyse, falls dies überhaupt noch möglich ist, bringen namentlich bei zahlreichen Untersuchungen einen sehr unangenehmen Zeitverlust.

Die Bestimmung des reduzierenden Zuckers nahm ich bei der Heisswasserdigestion direkt im gewonnenen Auszug vor. Das alkoholische Filtrat der Extraktion führte ich in eine wässrige Lösung von gleicher Konzentration über. Ich fand in der Literatur keine Angabe, ob man die Reduktion auch in alkoholischer Lösung vornehmen darf, und ich

[1]) König, Untersuchung landw. und gewerblich wichtiger Stoffe 1906, S. 984.
[2]) Tabellen zur Umrechnung siehe König loco cit. S. 984.

befürchtete, dass die Reduktion hier anders verlaufen würde als in wässriger Lösung, für welche die Tabellen berechnet sind.

Den Alkohol dampfte ich auf dem Wasserbade in 100 ccm Zuckerkölbchen ab, in welche ich mit einer Pipette zunächst nur 50 ccm des polarisierten Alkoholextraktes einfüllte, und nachdem der Alkohol davon verdampft war, gab ich nochmals 50 ccm mit derselben Pipette dazu. Ich hatte mich vorher überzeugt, dass die betreffenden Kölbchen durch eine zweimalige Einfüllung von alkoholischer Lösung mit dieser Pipette genau bis zur Marke gefüllt wurden. Ich lies niemals bis zur Trockne eindampfen, sondern füllte vorher einige Kubikzentimeter Wasser ein. So wie der Alkoholgeruch völlig verschwunden war, kühlte ich ab, füllte bis zur Marke auf und filtrierte. Zur Kontrolle polarisierte ich auch diese wässrige Lösung des Extraktes, wobei ich leider in vielen Fällen wahrnahm, dass der Saccharosegehalt um einige Zehntel zurückgegangen war. Es lag sehr nahe, dass Inversion stattgefunden hatte, obwohl die Lösungen stets alkalische Reaktion infolge des geringen Überschusses an Bleiessig zeigten. Ich nahm deshalb das Abdampfen nochmals vor und setzte etwas Sodalösung zu, wobei auch das Blei ausfiel. Bei diesem Verfahren ging die Polarisation selten zurück; geschah dies doch, so wurde der Alkohol in einer anderen Probe abgedampft.

Aus dem Filtrat der Heisswasserdigestion wurde das Blei vor der Reduktion mit Fehlingscher Lösung nicht gefällt, weil ich fand, dass eine verdünnte Bleiessiglösung beim Kochen mit Fehlingscher Lösung keine Veränderung derselben bewirkt. Doch wäre es richtiger gewesen, das Blei aus der Lösung auszuscheiden, denn nach später erschienenen Veröffentlichungen von Schrefeld[1]) und Hugh Bryan[2]) soll durch Blei etwas reduzierender Zucker als Bleisaccharate (z. B. Bleifruktosat und Bleiglykosat) gefällt werden. Nach der Ansicht von Schrefeld soll jedoch nicht Bleisaccharat ausfallen, sondern die Reduktionswirkung der Monosaccharide auf Fehlingsche Lösung durch einen Überschuss von Bleilösung verringert werden. Setzt man zur Klärung der Zuckerlösung neutrales Bleiazetat oder Bleiessig in geringem Überschuss zu, so ist die Einwirkung des Bleies auf die Monosaccharide verschwindend klein.

Bei der Bestimmung des direkt reduzierenden Zuckers in der Heisswasserdigestion und alkoholischen Extraktion zeigten sich grosse Unterschiede, die ich, um Wiederholungen zu vermeiden, gemeinsam mit den Resultaten der Gesamtzuckerbestimmung diskutieren will.

Der Gesamtzucker wurde in den Filtraten der Digestion und Extraktion nach Verjagung des Alkohols und Fällung des Bleies und Inversion mit Salzsäure als Invertzucker nach Meissl[3]) bestimmt und auf Rohrzucker

[1]) Schrefeld, „Der Einfluss der Bleiessigklärung bei der Invertzuckerbestimmung.“ Zeitschrift 1908, S. 947.

[2]) Hugh Bryan, „Die Fällung der reduzierenden Zuckerarten durch Bleiessig.“ Zeitschrift 1909, S. 1.

[3]) König, Untersuchung landw. und gewerblich wichtiger Stoffe 1906, S. 230.

umgerechnet, weil der Rohrzucker in frischen Futter- und Zuckerrüben die Hauptmenge des Gesamtzuckers ausmacht.

25 ccm Kupfersulfatlösung und
25 ccm Seignettesalz-Natronlauge (nach SOXHLET) wurden mit
50 ccm der alkohol- und bleifreien invertierten Zuckerlösung, die im Höchstbetrage 0,245 g Invertzucker enthielt, zum Kochen erhitzt und weitere 2 Minuten lang im Sieden erhalten.

Das reduzierte Kupfer wurde genau in derselben Weise filtriert und ermittelt, wie bereits bei der Bestimmung des direkt reduzierenden Zuckers angegeben.

Aus dem erhaltenen Kupfer wurde mit Hilfe der WEINschen Tabellen[1]) der Invertzucker bestimmt, auf Rohrzucker umgerechnet und als solcher in Prozenten der frischen Rübe ausgedrückt.

Um die Berechnung der Verdünnungen des ursprünglichen Rübenauszuges bei der Fällung des Bleies und der Inversion nach Möglichkeit zu vereinfachen, behielt ich die Grösse der Messgefässe bei, soweit dies mit Rücksicht auf die Konzentration der zu reduzierenden Invertzuckerlösung von höchstens 0,245 g Invertzucker in 50 ccm anging.

Die Berechnung der Gesamtzuckerprozente in der Rübe aus dem gefundenen Invertzucker geschah nach folgender Überlegung: wenn B g Rübenbrei in einem Kölbchen von K ccm Inhalt extrahiert oder digeriert worden waren, entspricht:

$$1 \text{ ccm dieses Filtrates} = \frac{B}{K} \text{ g Rübe;}$$

werden davon zur Verjagung des Alkohols und Fällung des Bleies mit einer Pipette

$$P_1 \text{ ccm } (= \frac{B}{K} \cdot P_1 \text{ g Rübe})$$

in einem Messkölbchen zu K_1 ccm aufgefüllt, so entspricht

$$1 \text{ ccm dieser Lösung} = \frac{B \cdot P_1}{K \cdot K_1} \text{ g Rübe;}$$

pipettiert man von diesem bleifreien Filtrat

$$P_2 \text{ ccm } (= \frac{B \cdot P_1}{K \cdot K_1} \cdot P_2 \text{ g Rübe})$$

in ein Messkölbchen von K_2 ccm und füllt bis zur Marke auf, so entspricht

$$1 \text{ ccm hiervon} = \frac{B \cdot P_1 \cdot P_2}{K \cdot K_1 \cdot K_2} \text{ g Rübe.}$$

Zur Reduktion wurden stets 50 ccm dieser letzten Lösung genommen, entsprechend $\frac{B \cdot P_1 \cdot P_2}{K \cdot K_1 \cdot K_2} \cdot 50$ g Rübe, für die der Invertzucker J aus dem reduzierten Kupfer in den Tabellen ermittelt wird.

[1]) E. WEIN, Tabellen zur Berechnung der Zuckerarten; siehe auch KÖNIG, loco cit. S. 988.

Durch J . 0,95 erhält man aus dem gefundenen Invertzucker den Gesamtzucker als Rohrzucker.

Wenn $\frac{B \cdot P_1 \cdot P_2}{K \cdot K_1 \cdot K_2} \cdot 50$ g Rübe J . 0,95 g Gesamtzucker enthalten,

folgt für den Prozentgehalt an Gesamtzucker in der Rübe ($^0/_0$ G)

aus $$B : \frac{J \cdot 0{,}95 \cdot K \cdot K_1 \cdot K_2}{P_1 \cdot P_2 \cdot 50} = 100 : {}^0/_0\,G$$

für die Extraktion:

$$^0/_0\,G = \frac{J \cdot 0{,}95 \cdot K \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot 100}{P_1 \cdot P_2 \cdot 50 \cdot B} = \frac{J \cdot 1{,}9 \cdot K \cdot K_1 \cdot K_2}{P_1 \cdot P_2 \cdot B},$$

für die Digestion:

$$^0/_0\,G = \frac{J \cdot 1{,}9}{B \cdot P_1 \cdot P_2} (K - B \cdot 0{,}023)\, K_1 \cdot K_2.$$

Um für jeden beliebigen Zuckergehalt des polarisierten Rübenauszuges die nötige Verdünnung von höchstens 0,245 g Invertzucker = 0,233 g Saccharose pro 50 ccm der zu reduzierenden Lösung zu erhalten, genügt es, bloss die Pipette P_1 und P_2 zu verändern. Dadurch kann diese Formel

für die Extraktionsmethode zu $^0/_0\,G = \frac{J \cdot F}{B \cdot P_1 \cdot P_2}$,

für die Digestionsmethode zu $^0/_0\,G = \frac{J\,(K - 0{,}023) \cdot f}{B \cdot P_1 \cdot P_2}$

vereinfacht werden, wobei der konstante Faktor

$$F = 1{,}9 \cdot K \cdot K_1 \cdot K_2 \text{ und } f = 1{,}9 \cdot K_1 \cdot K_2$$

bedeutet.

Bei den Analysen, in denen P_1 und P_2 auch konstant bleiben, ist

$$^0/_0\,G = \frac{J \cdot F_p}{B} \text{ bezw. } \frac{J \cdot (K - B \cdot 0{,}023)\, f_p}{B},$$

wenn $F_p = \frac{1{,}9 \cdot K \cdot K_1 \cdot K_2}{P_1 \cdot P_2}$ und $f_p = \frac{1{,}9 \cdot K_1 \cdot K_2}{P_1 \cdot P_2}$.

Der voraussichtliche Invertzuckergehalt in 50 ccm der zu reduzierenden Lösung kann, wenigstens bei frischen Rüben, aus der Polarisation des Rübenauszuges nach der Rechnungsweise

$$J = \frac{d \cdot 0{,}26048 \cdot P_1 \cdot P_2 \cdot 50}{100 \cdot 0{,}95\ K_1 \cdot K_2}\ ^{1}) = \frac{d \cdot (0{,}1371) : P_1 \cdot P_2}{K_1 \cdot K_2}$$

ermittelt werden. Es genügt jedoch für eine bestimmte Kombination der Pipetten P_1 und P_2, das zulässige Maximum der Polarisation $d = d_m$ für $J = 0{,}245$ zu bestimmen:

$$d_m = \frac{0{,}245 \cdot K_1 \cdot K_2}{(0{,}1371) \cdot P_1 \cdot P_2};$$

[1]) Bei der Polarisation d sind in 1 ccm Lösung $\frac{d \cdot 0{,}26048}{100}$ g Rohrzucker enthalten, die $\frac{d \cdot 0.26048}{100 \cdot 0{,}95}$ g Invertzucker ergeben, denn $R = J \cdot 0{,}95$ und $J = \frac{R}{0{,}95}$.

z. B. haben die Kölbchen K_1 und K_2 einen Inhalt von 100 und 150 ccm, so darf bei der Verwendung der Pipetten P_1 und P_2 zu 50 und 60 ccm die Polarisation nicht höher sein als

$$d_m = \frac{0{,}245 \cdot 100 \cdot 150}{0{,}1371 \cdot 50 \cdot 60} = 8{,}93.$$

Bleibt K_1 (= 100 ccm) und K_2 (= 150 ccm) stets gleich, so ist

$$\frac{0{,}245 \cdot 1{,}9 \cdot K_1 \cdot K_2}{0{,}26048} = F_v$$

$$\text{z. B. } \frac{0{,}245 \cdot 1{,}9 \cdot 100 \cdot 150}{0{,}26048} = 26800 = F_v$$

ein konstanter Faktor, der, durch das Produkt aus der Grösse der beiden Pipetten P_1 und P_2 geteilt, die höchste Polarisation für eine Rohrzuckerlösung gibt, die bei Anwendung dieser beiden Pipetten noch so verdünnt wird, dass die Konzentration des Invertzuckers im Messkölbchen K_2 nicht mehr als 0,245 g pro 50 ccm beträgt.

Von drei Pipetten mit verschiedenem Inhalt kombinierte ich stets die beiden, mit denen ich die geringste noch geeignete Verdünnung erzielte (für $d_m > d$), weil dadurch die Arbeitsfehler im Resultat weniger zur Geltung kommen.

Um die Fehlerquellen beim Abmessen und Verdünnen der Lösungen nach Möglichkeit auszuschalten, kontrollierte ich die Volumverhältnisse der Messkölbchen und Pipetten durch Auswägung mit den betreffenden Flüssigkeiten.

Die Richtigkeit des beschriebenen Verfahrens zur gewichtsanalytischen Bestimmung des Gesamtzuckers als Rohrzucker prüfte ich durch Versuche mit reinem Raffinade-Rohrzucker. Dabei bemerkte ich, dass die nach König[1]) angegebene Säuremenge von 30 ccm $^1/_{10}$ Normalsalzsäure für 100 ccm 1 %ige Zuckerlösung zur vollständigen Inversion des Rohrzuckers nicht genügte, weil die Lösung auch nach Fällung des Bleiessigs[2]) mit Natriumsulfat alkalisch reagierte, wie auch aus der Gleichung

$$CH_3COO \cdot Pb \cdot OH + Na_2SO_4 = PbSO_4 + CH_3COONa + NaOH$$

hervorgeht.

Ich stellte Versuche an, um eine geeignete grössere Säuremenge zu ermitteln, die auf jeden Fall in grossem Überschuss frei blieb und völlige Inversion des Rohrzuckers, ohne Reversion der gebildeten Monosaccharide zu höheren Kondensationsprodukten und Komplexen dextrinartiger Natur,[3]) bewirkte.

Von einer genau 3 %igen Rohrzuckerlösung, die auf 100 ccm 10 ccm Bleiessig[4]) enthielt und 11,5° (= 2,995 % Saccharose) polarisierte, wurden

[1]) König, loco cit. S. 232.

[2]) Ursprünglich 6—10 ccm Bleiessig pro 200 ccm Zuckerlösung (ungefähr das doppelte Normalgewicht Rübenbrei) bei der wässrigen Digestion und 4—6 ccm pro 200 ccm bei der alkoholischen Extraktion.

[3]) Lippmann, Chemie der Zuckerarten 1904, 3. Aufl., S. 1387.

[4]) Doppelt so viel, als im Höchstbetrag bei der Heisswasserdigestion zugegeben wurde.

100 ccm mit Natriumsulfat und Wasser auf 200 ccm aufgefüllt und je 50 ccm davon in drei Proben nebeneinander in Kölbchen von 165[1]) ccm mit 10, 20 und 30 ccm Normalsalzsäure durch $^1/_2$stündiges Kochen im Wasserbade invertiert, die Säure mit 10, bezw. 20 oder 30 ccm Normal-Kalilauge neutralisiert, abgekühlt, zur Marke aufgefüllt und je 50 ccm mit Fehlingscher Lösung nach Meissl reduziert. Die abgeschiedene Kupfermenge betrug bei der Inversion mit

10 ccm HCl 0,4210 g Cu = 0,2399 g Invertzucker,
20 „ „ 0,4194 „ „ = 0,2388 „ „
30 „ „ 0,4190 „ „ = 0,2385 „ „

woraus der Prozentgehalt des Rohrzuckers (% R) in der ursprünglichen 3%igen Zuckerlösung nach:

$$\% R = \frac{J \cdot 0{,}95 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot 50}{P_1 \cdot P_2 \cdot 100}$$

für $K_1 = 200$ ccm, $K_2 = 165$ ccm, $P_1 = 100$ ccm und $P_2 = 50$ ccm nach $\% R = J \cdot 12{,}540$ bei der Inversion mit

10 ccm Normal-Salzsäure auf 3,008 % Rohrzucker,
20 „ „ „ 2,994 „ „
30 „ „ „ 2,991 „ „

berechnet wurde.

Da die erhaltenen Werte in allen drei Fällen mit der abgewogenen Rohrzuckermenge genügend übereinstimmten, nahm ich aus naheliegenden Gründen die Inversion des Rohrzuckers in den Rübenauszügen stets mit der mittleren Menge von 20 ccm Normal-Salzsäure in der beschriebenen Weise vor.

Bei der vergleichenden Bestimmung des Gesamtzuckers in der Heisswasserdigestion und Alkoholextraktion der in Tabelle IV angegebenen Rüben erhielt ich folgende Werte, die mit den Resultaten der Rohrzuckerpolarisation und der Bestimmung des reduzierenden Zuckers (als Traubenzucker nach Allihn) in Tabelle IV (S. 30) zusammengestellt sind.

Auffallend ist in erster Linie, dass in beiden Auszügen des Rübenbreies der durch die Reduktionsmethode gefundene Gesamtzucker stets weniger beträgt, als der durch die Polarisation ermittelte Rohrzucker. Beweisgültige Gründe habe ich hierfür nicht finden können, denn die Versuche mit reinen Zuckerlösungen ergaben übereinstimmende Werte. Demnach sind diese Unterschiede nicht durch die beiden Methoden selbst oder durch unterlaufene Arbeitsfehler bedingt, sondern nur durch die Beschaffenheit der untersuchten Substanz.

Es scheint fast, als ob die geringe Menge des direkt reduzierenden Zuckers einen sehr hohen Polarisationswert besitzen würde, so dass infolge der starken Rechtsdrehung derselben durch die Polarisation zu hohe Werte für den Rohrzucker gefunden werden. Da der reduzierende Zucker jedoch zum grössten Teil wahrscheinlich aus Traubenzucker und Fruchtzucker

[1]) Diese Kölbchen dienten zur Rübensaft-Klärung mit 10 % Bleiessig und trugen die Marken 150 und 165 ccm.

besteht, ist es kaum möglich, dass die höhere Polarisation durch den reduzierenden Zucker allein bewirkt wird. Entweder sind in den Rüben noch andere polarisierende Stoffe enthalten, die durch Bleiessig nicht gefällt werden und nicht in die Klasse der Zuckerarten gehören, weil sie auch nach der Inversion keine entsprechende Reduktion auf FEHLINGsche Lösung ausüben, oder es sind Substanzen anwesend, welche die reduzierende Wirkung der invertierten Zuckerlösung abschwächen.

Tabelle IV.

	Durch Polarisation Rohrzucker %		Gesamtzucker als Rohrzucker %		Direkt reduzierender Zucker %	
	Digest.	Extrakt.	Digest.	Extrakt.	Digest.	Extrakt.
			In den Rüben.			
Oberndorfer	7,35	7,44	7,24	7,28	0,999	0,123
	7,29	7,37	7,15	7,20	0,093	0,152
Eckendorfer	6,60	6,62	6,50	6,55	0,184	0,239
	6,61	6,56	6,43	6,41	0,206	0,288
Leutewitzer	6,28	6,44	6,02	6.19	0,079	0,120
	6,21	6,35	6,09	6,25	0,086	0,092
Futterrüben	7,56	7,74	7,35	7,55	0,165	0,274
	7,54	7,65	7,29	7,44	0,193	0,246
Zuckerrüben	10,63	10,75	10,40	10,57	0,187	0,481
	10,57	10,69	10,38	10,49	0,153	0,390
Leutewitzer N	5,96	5,99	5,72	5,70	0,110	0,216
	5,88	—	5,67	—	0,983	—
Eckendorfer N	5,75	5,78	5,50	5,68	0,228	0,373
	5,70	5,62 +	5,46	5,66	0,207	0,540 +
			In den Köpfen.			
Oberndorfer	6,12	6,18	5,90	5,97	0,165	0,279
	6,08	6,11	5,83	5,89	0,141	0,250
Eckendorfer	6,20	6,21	5,96	5,99	0,122	0,194
	6,14	6,00 +	5,91	6,05	0,153	0,322
Leutewitzer	5,77	5,89	5,51	5,58	0,209	0,285
	5,70	5,80	5,44	5,53	0,231	0,333
Futterrüben	6,09	6,62	5,88	5,92	0,163	0,282
	6,03	6,85 +	5,80	5,94	0,188	0,365
Zuckerrüben	8,75	8,67	8,50	8,48	0,269	0,351
	8,70	—	8,43	—	0,278	—
Leutewitzer N	5,22	5,18	5,00	4,96	0,172	0,248
	—	5,10	—	4,88	—	0,267
Eckendorfer N	5,04	5,02	4,84	4,87	0,250	0,345
	4,96	4,76 +	4,75	4,80	0,291	0,582

Näheres kann ich hierüber gegenwärtig nicht sagen und muss meinen Befund als eine merkwürdige Erscheinung hinstellen, die noch der weiteren Erklärung bedarf.

Während bei der Heisswasserdigestion die Kontrollproben der Gesamtzuckerbestimmungen mit nahezu gleicher Genauigkeit übereinstimmen,

wie die Polarisationen dieser Auszüge, stimmt in je zwei parallelen Proben der Alkoholextraktion der gefundene Gesamtzucker auch in den Fällen gut überein, wo die Polarisation erheblich abweicht.[1]) Wie schon oben erwähnt, dauerte die Extraktion der mit + bezeichneten Kontrollanalysen meist 7—8 Stunden. Dass tatsächlich, wie ich vermutete, bei den Parallelbestimmungen mit geringerer Polarisation etwas Rohrzucker invertiert worden war, bestätigt erstens die Übereinstimmung des gefundenen Gesamtzuckers mit dem Gesamtzucker der höher polarisierenden Kontrollprobe, zweitens der höhere Prozentgehalt an direkt reduzierendem Zucker.

Bei längerer Extraktion kann also etwas Rohrzucker invertiert werden; infolgedessen findet man in den betreffenden Proben zu viel reduzierenden Zucker und durch die Polarisation zu wenig Rohrzucker, da nicht nur ein Teil des letzteren durch Inversion zerstört wurde, sondern weil der entstandene Invertzucker durch seine Linksdrehung noch ein Drittel mal soviel von dem übrigen Rohrzucker verdeckt.

Hieraus geht hervor, dass durch die alkoholische Extraktion des Rübenbreies, die sonst für die genaueste Methode gilt, weil das Rübenmark keine Fehler infolge eingeschlossener Luftbläschen, Zuckerabsorption und verschiedenen Rauminhalt verursacht und die völlige Entzuckerung des Rübenbreies mit Alpha-Naphtol und Schwefelsäure in jedem Falle kontrolliert werden kann, bei unvorsichtiger Handhabung viel grössere Fehler gemacht werden können, als durch die anderen einfacheren Methoden.

Um die Inversion von Rohrzucker auch bei längerer Extraktion, wenn diese zur völligen Erschöpfung des Rübenbreies nötig war, möglichst zu verhindern, schlug ich folgenden Weg ein: nachdem ich den gewogenen, mit Bleiessig und Alkohol durchgemischten Rübenbrei in den Extraktionsapparat gefüllt und mit 90 %igem Alkohol nachgespült hatte, liess ich die Flüssigkeit zunächst einmal in ein besonderes Kölbchen verlustlos überhebern, dann erst verband ich den Extraktionsapparat mit dem Messkolben, gab die übliche Menge Alkohol zu und extrahierte. Nach Beendigung der Extraktion füllte ich die Flüssigkeit aus dem ersten Kölbchen quantitativ in den Messkolben, kühlte ab, füllte bis zur Marke auf, filtrierte und polarisierte. Durch diese Abänderung wird die Methode etwas umständlicher und lässt leichter Arbeitsfehler unterlaufen, wenn man beim Wechseln der Kölbchen nicht behutsam verfährt und beim Umfüllen nicht quantitativ nachspült. Bei einiger Vorsicht und Übung aber lassen sich diese Fehler mit Leichtigkeit vermeiden.

Mit der Trennung der zuerst übergeheberten Flüssigkeit aus der Extraktionsvorrichtung erreichte ich folgende Vorteile: Die Hauptmenge des Zuckers und der anderen im Wasser und Alkohol löslichen Stoffe des Rübenbreies wurde beim Extrahieren nicht mit gekocht. Dieser Teil des Rohrzuckers war daher von der Inversion ausgeschlossen. Die Inversions-

[1]) In der Tabelle III und IV sind die um mehr als — 0,1 % abweichenden Polarisationen der Extraktion mit + bezeichnet.

gefahr des übrigen Rohrzuckers war auch erheblich herabgesetzt, weil in der Extraktionsflüssigkeit viel weniger Säuren, Salze und andere invertierende Stoffe des Rübenbreies zurückgeblieben waren. Der erste Breiauszug enthält den Bleiessigniederschlag, alle schleimigen Bestandteile des Rübenbreies usw.; da ich denselben während der Extraktion gesondert aufbewahrte, siedete der Alkohol im Extraktionskölbchen viel ruhiger, jedes Stossen oder gar Überschäumen war ausgeschlossen und der Alkohol destillierte viel rascher über, wodurch auch die Extraktion beschleunigt wurde. Auf diese Weise erreichte ich eine höhere Genauigkeit und eine stets gute Übereinstimmung der Parallelproben. Auch die Menge des reduzierenden Zuckers differierte nicht mehr so erheblich wie bei den Analysen der Tabelle IV. Im Durchschnitt fand ich in der Extraktion nicht viel mehr reduzierenden Zucker wie in der Heisswasserdigestion.

Durch diese Versuche war ich zu der Einsicht gelangt, dass die Bestimmung des reduzierenden Zuckers nur in kalten Auszügen des Rübenbreies vorgenommen werden dürfe, da beim Erhitzen sehr leicht Rohrzucker invertiert werden kann. Die Prozentzahlen des reduzierenden Zuckers in Tabelle IV sprechen sehr deutlich, so dass eine weitere Erörterung nicht nötig ist.

Es blieb mir kein anderer Ausweg, als den reduzierenden Zucker entweder in der Kaltwasserdigestion des Rübenbreies oder im Rübensaft zu bestimmen und auf 100 Teile Rübensubstanz zu berechnen.

Zwei wichtige Gründe sprechen für die Bestimmung im Saft: 1. Infolge der sehr grossen Verdünnung des reduzierenden Zuckers bei der kalten wässrigen Digestion des Rübenbreies konnte ich keine befriedigende Genauigkeit erzielen. 2. Nach meinen Überlegungen hielt ich es für richtiger, den reduzierenden Zucker als Invertzucker zu bestimmen, für dessen Berechnung nur durch den Rübensaft eine genügende Menge Kupfer reduziert wird. Ich will damit nicht sagen, dass der reduzierende Zucker ausschliesslich aus Invertzucker besteht; wir haben überhaupt keine Sicherheit, dass die Reduktionswirkung des Rübenauszuges ausschliesslich durch reduzierende Zuckerarten bedingt wird. Wenn man von der Bestimmung der einzelnen Zuckerarten absieht, und nur die gesamte Reduktionswirkung ins Auge fasst, lässt es sich am meisten rechtfertigen, aus derselben die reduzierenden Zuckerarten als Invertzucker zu berechnen. Mit grosser Wahrscheinlichkeit besteht der reduzierende Zucker, sowohl der frischen, als auch der gelagerten Rüben, zum grössten Teil aus Traubenzucker und Fruchtzucker, die entweder aus den Blättern in die Wurzel gewandert oder in der Wurzel durch Spaltung von Rohrzucker entstanden sind. In frischen Rüben kann der Invertzucker neben Rohrzucker nur in der Konzentration genügend sicher bestimmt werden, wie sie der Rübensaft darbietet.

Zur Umrechnung des Invertzuckers auf Gewichtsprozente in den Rüben benutzte ich die Polarisation des Saftes, so wie er zur Reduktion verwendet wurde, und die Polarisation des Rübenbrei-Auszuges. Auf diesem

Wege kann ermittelt werden, welcher Breimenge der reduzierte Rübensaft entspricht. Wenn durch die Polarisation R % Rohrzucker ermittelt werden, so entspricht die Drehung von R Grad = 26,048 g Rübe pro 100 ccm; polarisiert der zu reduzierende Saft P_s Grad, so entsprechen 100 ccm dieses geklärten Saftes x g Rübe.

Aus $R\,\% : 26{,}048 = P_s : x$ ist $x = \frac{26{,}048 \cdot P_s}{R\,\%}$. Diese Methode mag vielleicht nicht absolut einwandfrei sein; ich habe jedoch trotz gründlicher Überlegung keine Gründe finden können, welche die Verwendung der Polarisation zur Berechnung der Menge Rübenbrei, die einem bestimmten Volum Rübensaft entspricht, unsicher oder unzuverlässig erscheinen liessen.

Zum Auspressen des Saftes wurden die Rüben auf der oben beschriebenen Reibmaschine zu einem sehr feinen Brei gemahlen und gründlich durchgemischt. Danach hielt ich es nicht für nötig, die Rüben bis zur äussersten Grenze auszupressen. Falls bei mässigem Auspressen der zurückgebliebene Saft reicher an reduzierendem Zucker war, nahm ich an, dass auch die Polarisation infolge des grösseren Rohrzuckergehaltes in demselben Verhältnis höher wäre.

Um die Richtigkeit dieser Annahme durch einen Versuch zu prüfen, presste ich eine Probe zuerst mässig aus, wechselte nach dem Abrinnen des Saftes das Gefäss, presste sehr kräftig nach und untersuchte den ersten und zweiten Saft getrennt. Die Polarisation der mit 10 % Bleiessig geklärten Säfte betrug 20,6° und 21,1° (0,5° = 2,4 % mehr). Durch 50 ccm wurden 112,4 mg Cu und 116,0 mg Cu (3,6 mg = 3,3 % mehr) reduziert. Die höheren Werte wurden im II. Saft gefunden. Die Abweichung von 3,3 % reduziertes Kupfer gegen 2,4 % der Polarisation ist vielleicht auch darauf zurückzuführen, dass die gefundene Kupfermenge von zwei Kontrollproben der Saftreduktion, wie ich durch meine zahlreichen späteren Bestimmungen beobachtete, oft um 3 mg differieren, während bei der Gesamtzuckerbestimmung mit der gleichen Arbeitsweise eine bedeutend bessere Übereinstimmung erzielt wird.

In dem II. Safte war durch den Zusatz von Bleiessig sehr viel mehr Niederschlag entstanden, so dass die etwas grössere Konzentration zum Teil wenigstens darauf beruhen wird.

Das in der II. Saftprobe ausgeschiedene Kupferoxydul hatte etwas hellere Farbe und liess sich viel schwerer filtrieren als der Niederschlag des I. Saftes, der regelrecht karminrot gefärbt war. Da ich fürchtete, dass beim starken Nachpressen Stoffe in den Saft gelangten, welche die Reduktion fehlerhaft beeinflussen würden und durch die lange Dauer der Filtration des reduzierten Kupferniederschlages Fehler entstehen könnten, hielt ich es für richtiger, den Rübensaft weniger kräftig, aber stets gleichmässig auszupressen.

Zur Klärung des auf diese Weise erhaltenen Saftes genügte eine viel geringere Menge Bleiessig (6—8 ccm pro 100 cm Saft). Ich suchte stets einen grossen Überschuss des Klärungsmittels zu vermeiden.

Nach dem Filtrieren des geklärten Saftes wurde das überschüssige Blei vor der Reduktion aus den auf Seite 25 angegebenen Gründen nicht gefällt.

Der geklärte Saft wurde im 400 mm-Rohr polarisiert und möglichst bald je 50 ccm zur Invertzuckerbestimmung nach Meissl mit Fehling-scher Lösung 2 Minuten im Kochen erhalten und unter Dekantieren sofort durch ein gewogenes Asbestfilterröhrchen, wie oben beschrieben, filtriert.

Da der Rübensaft sehr viel Rohrzucker enthält, der allein auf Fehling-sche Lösung nicht reduzierend wirkt, wohl aber den Invertzucker in seiner Reduktionswirkung bestärkt, ohne dass hierbei eine genaue Proportionalität besteht, so musste die Invertzuckerberechnung aus dem abgeschiedenen Kupfer nach den von Meissl ermittelten Grundwerten für Gemische von bekannten Mengen Rohrzucker und Invertzucker vorgenommen werden. Um für jedes gegebene Gemisch von 1—10 % Invertzucker und 90—99 % Rohrzucker aus dem reduzierten Kupfer den Invertzucker berechnen zu können, hat Wein[1]) eine Tafel berechnet, deren Zwischenglieder durch Interpolation zu finden sind. Die von Meissl berechnete Faktorentabelle ist von Hiller[2]) auch für Substanzen, deren Zuckergehalt aus mehr als 10 % Invertzucker besteht, ergänzt worden.[3])

Um für die grosse Anzahl meiner Invertzuckerbestimmungen die Interpolation des genauen Reduktionsfaktors zu erleichtern, hielt ich es für zweckmässig, in die Tabelle von Meissl und Hiller die Differenzen der Reduktionsfaktoren pro mg Invertzucker und 1 % Rohrzucker einzutragen. (Siehe Tabelle V S. 36 und 37).

Das Meissl-Hillersche Verfahren zur Berechnung des Invertzuckers neben Rohrzucker[4]) aus der reduzierten Kupfermenge konnte ich für die Bestimmung des Invertzuckers im geklärten Rübensaft zum Teil vereinfachen; jedoch musste noch mit Hilfe der Polarisationen, wie oben erwähnt, die Umrechnung auf 100 g Rübe erfolgen.

Zur Ermittelung des genauen Reduktionsfaktors aus der Meissl-Hillerschen Tafel musste zunächst das Verhältnis von Invertzucker und Rohrzucker festgestellt werden.

Wenn P_s die Polarisation des geklärten Rübensaftes und Cu die durch 50 ccm desselben reduzierte Kupfermenge beträgt, so ergibt $P_s \cdot 0{,}26048$ = Menge des Rohrzuckers in 100 ccm, Cu = annähernde Menge des Invertzuckers in 100 ccm (denn in 50 ccm sind annähernd $\frac{Cu}{2}$ g Invertzucker).

Aus $(P_s \cdot 0{,}26048 + Cu) : Cu = 100 : x$ folgt für den Anteil des Invertzuckers J (= x) am Gesamtzucker[5]) : $J = \frac{Cu \cdot 100}{(P_s \cdot 0{,}26048 + Cu)}$. Da nun der

[1]) E. Wein, Tabellen zur Berechnung der Zuckerarten; v. Lippmann, Chemie der Zuckerarten, S. 1407.

[2]) Zeitschrift für Rübenzuckerindustrie 39. Jahrg., S. 734.

[3]) v. Lippmann, Chemie der Zuckerarten 1904, S. 1408.

[4]) v. Lippmann, loco cit.

[5]) Gesamtzucker = Rohrzucker + Invertzucker = $P_s \cdot 0{,}26048 + Cu$.

Anteil des Rohrzuckers R am Gesamtzucker = 100 — J ist, so kennt man das Verhältnis R : J und kann den genauen Invertzuckergehalt in 50 ccm des reduzierten Saftes $J = \frac{Cu \cdot F}{100}$ berechnen, wenn man den dem jeweiligen Verhältnis R : J und dem annähernden Wert $J = \frac{Cu}{2}$ entsprechenden Faktor F aus der Meissl-Hillerschen Tabelle entnimmt bezw. durch Interpolation ermittelt.

Die Berechnung des Invertzuckergehaltes in der Rübe, deren Mehrzuckergehalt R % durch genaue Polarisation ermittelt wurde, gestaltet sich nun wie folgt:

Wenn die Polarisation des geklärten und zur Reduktion verwendeten Saftes P_s ist, so entsprechen nach S. 33 je 100 ccm des polarisierten Saftes = $\frac{P_s \cdot 26{,}048}{R\ \%}$ g Rübe, 50 ccm des polarisierten Saftes = $\frac{^1/_2\ P_s \cdot 26{,}048}{R\ \%}$ g Rübe.

Die in 50 ccm dieses Saftes gefundene Invertzuckermenge von $J = \frac{Cu \cdot F}{100}$ entspricht folglich $\frac{P_s \cdot 26{,}048}{2 \cdot R\ \%}$ g Rübe. Wenn in $\frac{P_s \cdot 26{,}048}{2 \cdot R\ \%}$ g Rübe = $\frac{Cu \cdot F}{100}$ g Invertzucker sind, entsprechen 100 g Rübe $\frac{\frac{Cu \cdot F \cdot 100}{100}}{\frac{P_s \cdot 26{,}048}{2 \cdot R\ \%}}$ g Invertzucker.

Der prozentische Invertzucker J % in der Rübe wird demnach erhalten durch: $J\ \% = \frac{Cu \cdot F \cdot 2 \cdot R\ \%}{P_s \cdot 26{,}048}$[1]).

Diese Methode hat den grossen Vorzug, dass man alle Konzentrationsveränderungen des Rübensaftes bei der Zugabe des Klärungsmittels (Bleiessig, oder besser neutrales Bleiazetat) und der Fällung dessen Überschusses (mit Natriumsulfat- oder Sodalösung) nicht in Messgefässen vornehmen und besonders berechnen muss, da durch den Vergleich der Polarisation der Rübe und des geklärten Saftes direkt die Endkonzentration bestimmt wird. Es fallen damit nicht nur alle Fehlerquellen, die beim Arbeiten mit Messgefässen vorkommen können, fort, sondern man kann alle Klärungen und Fällungen in Bechergläsern vornehmen und eine beliebige Menge des Klärungs- und Fällungsmittels anwenden, wobei obendrein die entstandenen Niederschläge keine Fehler infolge schwer zu ermittelnder Konzentrationserhöhungen verursachen. Ich habe mich aber nicht mit solchen theoretischen Erwägungen begnügt, sondern prüfte die Genauigkeit dieser Methode mit reinen Zuckerlösungen und in den Rüben.

Aus reinem Rohrzucker und Invertzucker, dessen genauen Gehalt ich durch Reduktion ermittelt hatte, bereitete ich eine Lösung von 7,8000 %

[1]) Die Vereinfachung zu $\frac{Cu \cdot F \cdot R\ \%}{P_s \cdot 13{,}024}$ ist nicht zweckmässig, weil man das Produkt $P_s \cdot 0{,}26048$ bei der Berechnung von R : J zur Ermittelung des Reduktionsfaktors F schon vorher berechnen muss.

Tabelle V.

R : J	J	Milligramm Invertzucker $\frac{Cu}{2}$.														
		225	Differenz pro 1 mg J	200	Differenz pro 1 mg J	175	Differenz pro 1 mg J	150	Differenz pro 1 mg J	125	Differenz pro 1 mg J	100	Differenz pro 1 mg J	75	Differenz pro 1 mg J	50
99 : 1	1	—	—	47,7	*0,016*	47,3	*0,032*	46,5	*0,056*	45,1	*0,072*	43,3	*0,084*	41,2	*0,124*	38,1
Differenz pro 1 % R.		—	—	2,2		*1,6*		*2,0*		*2,2*		*2,5*		*2,1*		*1,9*
98 : 2	2	—	—	49,9	*0,04*	48,9	*0,016*	48,5	*0,048*	43,3	*0,06*	45,8	*0,10*	43,3	*0,134*	40,0
Differenz pro 1 % R.		—	—	*0,8*		*1,4*		*1,3*		*1,6*		*1,9*		*2,9*		*5,1*
97 : 3	3	—	—	50,7	*0,016*	50,3	*0,02*	49,8	*0,036*	48,9	*0,048*	47,7	*0,06*	46,2	*0,044*	45,1
Differenz pro 1 % R.		—	—	*1,4*		*0,9*		*0,9*		*— 0,1*		*1,2*		*1,5*		*1,8*
96 : 4	4	—	—	52,1	*0,036*	51,2	*0,02*	50,7	*0,076*	48,8	*0,004*	48,9	*0,048*	47,7	*0,032*	46,9
Differenz pro 1 % R.		—	—	*0,5*		*1,0*		*0,5*		*1,5*		*0,5*		*1,2*		*1,6*
95 : 5	5	53,6	*0,04*	52,6	*0,016*	52,2	*0,04*	51,2	*0,036*	50,3	*0,036*	49,4	*0,02*	48,9	*0,016*	48,5
Differenz pro 1 % R.		*0,5*		*0,5*		*0,4*		*0,4*		*0,4*		*0,9*		*0,9*		*0,4*
94 : 6	6	54,1	*0,04*	53,1	*0,02*	52,6	*0,04*	51,6	*0,036*	50,7	*0,016*	50,3	*0,02*	49,8	*0,036*	48,9
Differenz pro 1 % R.		*0,0*		*0,5*		*0,5*		*0,5*		*0,5*		*0,4*		*0,5*		*1,9*
93 : 7	7	54,1	*0,02*	53,6	*0,02*	53,1	*0,04*	52,1	*0,036*	51,2	*0,02*	50,7	*0,016*	50,3	*0,02*	49,8
Differenz pro 1 % R.		*0,5*		*0,0*		*0,0*		*0,0*		*0,4*		*0,5*		*0,4*		*0,5*
92 : 8	8	54,6	*0,04*	53,6	*0,02*	53,1	*0,04*	52,1	*0,02*	51,6	*0,016*	51,2	*0,02*	50,7	*0,016*	50,3
Differenz pro 1 % R.		*0,5*		*0,5*		*0,5*		*0,5*		*0,5*		*0,4*		*0,5*		*0,4*
91 : 9	9	55,1	*0,04*	54,1	*0,02*	53,6	*0,04*	52,6	*0,02*	52,1	*0,02*	51,6	*0,016*	51,2	*0,02*	50,7
Differenz pro 1 % R.		*0,0*		*0,5*		*0,0*		*0,5*		*0,5*		*0,5*		*0,4*		*0,5*

R : J	J	Milligramm Invertzucker $\frac{Cu}{2}$														
		225	Differenz pro 1 mg J	200	Differenz pro 1 mg J	175	Differenz pro 1 mg J	150	Differenz pro 1 mg J	125	Differenz pro 1 mg J	100	Differenz pro 1 mg J	75	Differenz pro 1 mg J	50
91 : 9	9	55,1	*0,04*	54,1	*0,02*	53,6	*0,04*	52,6	*0,02*	52,1	*0,02*	51,6	*0,016*	51,2	*0,02*	50,7
Differenz pro 1 % R.		*0,0*		*0,5*		*0,0*		*0,5*		*0,5*		*0,5*		*0,4*		*0,5*
90 : 10	10	55,1	*0,02*	54,6	*0,04*	53,6	*0,02*	53,1	*0,02*	52,6	*0,02*	52,1	*0,02*	51,6	*0,016*	51,2
Differenz pro 10 % R.				*0,8*		*0,7*		*0,2*		*0,1*		*0,1*		*0,1*		*0,1*
80 : 20	20	—	—	55,4	*0,044*	54,3	*0,04*	53,3	*0,02*	52,7	*0,02*	52,2	*0,02*	51,7	*0,016*	51,3
Differenz pro 10 % R.				*0,1*		*0,2*		*0,2*		*0,2*		*0,3*		*0,2*		*0,3*
70 : 30	30	—	—	55,5	*0,04*	54,5	*0,04*	53,5	*0,024*	52,9	*0,016*	52,5	*0,024*	51,9	*0,012*	51,6
Differenz pro 10 % R.				*0,1*		*0,2*		*0,3*		*0,3*		*0,3*		*0,2*		*0,3*
60 : 40	40	—	—	55,6	*0,036*	54,7	*0,036*	53,8	*0,024*	53,2	*0,016*	52,8	*0,028*	52,1	*0,008*	51,9
Differenz pro 10 % R.				*0,1*		*0,2*		*0,2*		*0,3*		*0,3*		*0,2*		*0,3*
50 : 50	50	—	—	55,7	*0,032*	54,9	*0,036*	54,0	*0,02*	53,5	*0,016*	53,1	*0,032*	52,3	*0,004*	52,2
40 : 60	60	—	—	55,9	*0,036*	55,0	*0,036*	54,1	*0,02*	53,6	*0,02*	53,1	*0,024*	52,5	*0,004*	52,4
30 : 70	70	—	—	56,1	*0,04*	55,1	*0,036*	54,2	*0,02*	53,7	*0,02*	53,2	*0,024*	52,6	*0*	52,6
20 : 80	80	—	—	56,2	*0,04*	55,2	*0,036*	54,3	*0,02*	53,7	*0,02*	53,2	*0,02*	52,7	*0*	52,7
10 : 90	90	—	—	56,3	*0,04*	55,3	*0,036*	54,4	*0,024*	53,8	*0,024*	53,2	*0,012*	52,9	*0*	52,9
0 : 100	100	—	—	56,4	*0,04*	55,4	*0,036*	54,5	*0,024*	53,8	*0,024*	53,2	*0,008*	53,0	*0*	53,0

Rohrzucker- und 0,2000 % Invertzuckergehalt. Dieselbe polarisierte 29,70°, woraus der Prozentgehalt des durch direkte Polarisation ermittelten Rohrzuckers $R\% = 29{,}70 \cdot 0{,}26048 = 7{,}73\%$ berechnet wurde. 100 ccm dieser Lösung (die dem invertzuckerhaltigen, schwach ausgepressten Rübensaft entsprechen sollte) versetzte ich mit 10 ccm Bleiessig, wobei ich nur eine ganz schwache weissliche Trübung (wahrscheinlich Bleikarbonate) wahrnahm.

Das klare Filtrat polarisierte bei der doppelten Rohrlänge (400 mm) = 54,0°; demnach betrug die Polarisation dieser Lösung (die dem geklärten Rübensaft entsprach) für die einfache Rohrlänge (200 mm) = $P_s = 27{,}00°$. Bei der Reduktion mit 50 ccm Fehlingscher Lösung (nach Meissl) wurden durch je 50 ccm der polarisierten Lösung 0,1900 g Cu und 0,1912 g Cu reduziert.

$$\begin{aligned} \text{Aus } R\% &= 7{,}73 \\ P_s &= 27{,}00 \\ Cu &= 0{,}1900 \text{ und } 0{,}1912 \end{aligned}$$

wurde der Invertzuckergehalt der ursprünglichen Lösung (sonst Rübe) nach der Formel

$$J\% = \frac{Cu \cdot F \cdot 2 \cdot R\%}{P_s \cdot 26048}$$

berechnet.

Für das Verhältnis R : J in 100 Teilen Gesamtzucker der reduzierten Lösung ergab sich aus

$$\frac{Cu \cdot 100}{P_s \cdot 0{,}26048} = \frac{0{,}1900 \cdot 100}{27{,}00 \cdot 0{,}26048} \text{ und } \frac{0{,}1912 \cdot 100}{27{,}00 \cdot 0{,}26048},$$

in beiden Fällen 97,4 R : 2,6 J für den annähernden Invertzucker in 50 ccm der reduzierten Lösung:

$$\frac{Cu}{2} = \frac{1900}{2} = 95{,}0 \text{ mg und } \frac{1912}{2} = 95{,}6 \text{ mg}.$$

Nach Tabelle V beträgt der dem Verhältnis 97,4 R : 2,6 J und der Invertzuckermenge von 95,0 mg nächstliegende Reduktionsfaktor 47,7; da aber R : J nicht genau 97 : 3 und der aus $\frac{Cu}{2}$ berechnete Invertzuckergehalt nicht genau 100 war, so musste der Reduktionsfaktor 47,7 für R : J = 97,4 : 2,6 und $\frac{Cu}{2} = 95$ korrigiert werden. Die in der Tabelle V verzeichnete Differenz des Reduktionsfaktors 47,7 von 1,9 pro 1 % R zwischen 97 R : 3 J und 98 R : 2 J bei $\frac{Cu}{2} = 100$ bewirkt infolge der Abweichung des gefundenen Verhältnisses R : J von 97 R : 3 J um 0,4 R die Korrektur $47{,}7 - 1{,}9 \cdot 0{,}4 = 47{,}7 - 0{,}76$ und der Unterschied zwischen $\frac{Cu}{2} = 95$ mg und 100 mg J einen weiteren Abzug von $5 \cdot 0{,}06 = 0{,}30$. Der Reduktionsfaktor $F = 47{,}7 - 0{,}76 - 0{,}30 = \mathbf{46{,}6}$. Für die zweite Bestimmung von $\frac{Cu}{2} = 95{,}6$ ist $F = 47{,}7 - 0{,}76 - 0{,}06 \cdot 4{,}4 = 46{,}7$.

Nach $\frac{0{,}1900 \cdot 46{,}6 \cdot 2 \cdot 7{,}73}{27{,}00 \cdot 26{,}048}$ ist $J\% = 0{,}1946$,

nach $\frac{0{,}1912 \cdot 46{,}7 \cdot 2 \cdot 7{,}73}{27{,}00 \cdot 26{,}048}$ ist $J\% = 0{,}1963$,

im Mittel $J\% = \mathbf{0{,}195}$.

Da die ursprüngliche Lösung genau 0,200% Invertzucker enthielt, wurden nach dieser Methode nur 0,005% (= 2,5% der abgewogenen Substanz) weniger gefunden. Diese Differenz ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, dass der zugesetzte Bleiessig hier vollständig im Überschuss blieb und garnichts davon ausgefällt wurde.

Nach dieser Methode führte ich eine Reihe von Invertzuckerbestimmungen in den Rüben durch Reduktion des schwach ausgepressten und geklärten Saftes aus. In denselben Rübenproben bestimmte ich, um einen ungefähren Vergleich der Reduktionswirkung zu erhalten, den reduzierenden Zucker in der heissen Wasserdigestion und alkoholischen Extraktion als Dextrose nach Allihn.

Bei der Invertzuckerbestimmung im Saft erhielt ich stets gut übereinstimmende Resultate der Kontrollanalysen, während die erhaltenen Werte der Parallelbestimmungen des reduzierenden Zuckers in der Digestion und Extraktion des Rübenbreies meist sehr schlecht übereinstimmten und ganz bedeutend höhere Resultate lieferten als die Saftreduktionsmethode, obwohl infolge des stärkeren Reduktionsvermögens der Dextrose eher etwas niedrigere Prozentzahlen für den reduzierenden Zucker zu erwarten waren.

Die Zahlen der folgenden kleinen Tabelle sprechen deutlich genug für die Zuverlässigkeit der Saftreduktionsmethode.

Rübensorte:	Polarisierter Rohrzucker in der		Reduzierter Zucker (Dextrose) in der		Invertzucker in der Rübe nach der Saftreduktionsmethode
	Extraktion %	Digestion %	Extraktion	Digestion	
Oberndorfer Rüben . . .	6,25	6,15	0,171	0,158	0,102
	6,20	6,15	0,134	0,126	0,106
Oberndorfer Rübenköpfe	5,15	5,05	0,122	0,103	0,076
	5,15	5,00	0,087	0,098	0,071
Eckendorfer Rüben . . .	4,85	4,80	0,309	0,294	0,228
	4,85	4,75	0,330	0,261	0,221
Eckendorfer Rübenköpfe	3,90	3,85	0,205	0,177	0,139
	3,80	3,80	0,189	0,216	0,133

Im Mittel erhielt ich bei den übrigen zahlreichen Vergleichsbestimmungen in der wässrigen Digestion 40—50 %, in der Alkoholextraktion 60—70 % reduzierenden Zucker mehr als nach der Saftreduktionsmethode.

Mit grosser Wahrscheinlichkeit kann man den höheren Gehalt an reduzierendem Zucker darauf zurückführen, dass bei der längeren Erwärmung

der betreffenden Rübenauszüge etwas Rohrzucker invertiert wird. Die Erwärmung allein kann zwar niemals die Ursache der Inversion sein, sondern sie bietet nur eine äussere Bedingung für die Möglichkeit der Inversion. Es müssen also Stoffe in der Rübe vorhanden sein, die bei längerer Erwärmung trotz der alkalischen Reaktion der Lösung infolge des zugesetzten Bleiessigs eine geringe Inversion bewirken.

Möglicherweise ist der zugesetzte Bleiessig selbst die Ursache dafür, denn den Hydroxyl-Ionen kommt auch eine Inversionswirkung zu, wenngleich sie viel geringer ist als die der Säure-Wasserstoff-Ionen.

Für die Bestimmung des Rohrzuckers in den Rüben ist diese geringe Inversion auch bei der Alkohol-Extraktionsmethode unter Beobachtung der erwähnten Vorsichtsmassregeln weniger von Bedeutung, da es sich meist nur um 0,02—0,10 % Invertzucker handelt. Die Bestimmung des reduzierenden Zuckers in diesen Auszügen, der in frischen Rüben nur in wenigen Zehntel — oder Hundertstel — Prozenten vorhanden ist, wird dadurch aber ganz unzuverlässig.

Um möglichst sichere Analysenergebnisse zu erhalten, muss jede Erwärmung der Substanz vermieden werden und die Bestimmung des reduzierenden Zuckers in einem möglichst konzentrierten Auszug erfolgen, da derselbe in frischen Rüben meist nur in sehr geringer Menge vorhanden ist. Alle diese Bedingungen werden am besten durch die Saftreduktionsmethode erfüllt. Sämtliche Fehler, die hier durch die Art der Gewinnung des Saftes und durch die polarimetrische Umrechnung desselben auf die Rübensubstanz vorkommen können, sind nach meinen Beobachtungen und Überlegungen erheblich kleiner, als jene bei der Heisswasserdigestion und Alkohol-Extraktion infolge der unkontrollierbaren Inversion beim Erwärmen der Substanz.

4. Gehalt und Zunahme der Rüben an reduzierendem und nicht reduzierendem Zucker in verschiedenen Wachstumsstadien des ersten Vegetationsjahres.

Um den Gehalt der Futterrüben an reduzierendem Zucker und die Zunahme des Gesamtzuckers richtig verfolgen zu können, konnte ich mich nicht auf eine Futterrübensorte beschränken. Bei ähnlichen Versuchen mit Zuckerrüben hätte es genügt, nur eine Sorte zu untersuchen, um die Ergebnisse verallgemeinern zu dürfen, da die verschiedenen Zuckerrübensorten, die man wohl richtiger nur als verschiedene Zuchtrichtungen unterscheidet, in bezug auf ihren Gehalt ganz ungleich viel weniger abweichen, als die vielen Futterrübensorten.

Bei der Sortenauswahl der Futterrüben zu meinen Versuchszwecken suchte ich für drei Hauptgruppen, in welche die Futterrübensorten nach Wohltmann auf Grund seiner umfassenden Versuche mit zahlreichen deutschen, englischen und französischen Sorten eingeteilt werden, je eine bekannte

typische Sorte zu wählen, die aus bewährten Züchtungen hervorgegangen sind.

Als Vertreter der ertragreichen Sorten mit geringerem Zuckergehalt wählte ich gelbe Original Eckendorfer, als Vertreter der Sorten mit mittlerem Zuckergehalt, bei gutem Ertrag wurden zwei Sorten genommen, gelbe Original Leutewitzer und gelbe Original Oberndorfer Futterrüben, und als Repräsentanten der Sortengruppe mit hohem Zuckergehalt nahm ich noch Conzens weisse Lanker dazu.

Zum Vergleich wurden alle Versuche auch mit Original Kleinwanzlebener Zuckerrüben ausgeführt.

Die Eckendorfer und Leutewitzer Futterrüben wurden auf je einer zweiten Parzelle angebaut und mit 15 dz Chilisalpeter gedüngt, um den Einfluss einer sehr starken Stickstoffdüngung auf den Gehalt der Rüben an reduzierendem Zucker und auf das Verhalten der Rüben beim Lagern in der Miete zu untersuchen. Die Rüben von diesen beiden Parzellen sind in den folgenden Tabellen durch N („Stickstoffrüben“) bezeichnet.

Somit waren es im ganzen 7 verschiedene Parzellen, deren Rüben das Material zu den Untersuchungen lieferten. Zur Aussaat wurden Original-Rübensamen von den Züchtern der genannten Rübensorten verwendet.

Die Parzellen wurden auf dem Versuchsfelde des Landwirtschaftlichen Instituts der Universität Halle a. S. hinter dem „Weingarten“ angelegt. Der Boden ist an dieser Stelle ein tiefgründiger, lehmiger Sandboden.

Alle Parzellen erhielten als Grunddüngung am 25. April, 8 Tage vor der Bestellung, 2 dz schwefelsaures Ammoniak, 4 dz Thomasmehl und 8 dz Kainit pro Hektar. Die Aussaat erfolgte am 2. Mai. Die Parzellen wurden auf 40 cm Reihenweite und 30 cm Standweite markiert und der Same mit der Hand ausgelegt. Die an den Enden befindlichen Parzellen der Versuchsanlage erhielten je eine Randreihe, deren Rüben nicht mit zur Untersuchung genommen wurden.

Die Rüben gingen am 16. und 17. Mai auf; 8 Tage später wurden die Fehlstellen nachgepflanzt.

Am 19. Mai wurden die Rüben zum ersten Male gehackt. Am 2. Juni erhielten alle Parzellen eine Kopfdüngung von 2 dz Superphosphat und 2 dz Kainit pro Hektar; die Parzellen 1—5 als Stickstoffdüngung $2^1/_2$ dz Chilisalpeter, die Parzellen 6 und 7 jedoch 5 dz Chilisalpeter pro Hektar. Gleich darauf wurde zum zweiten Male gehackt.

Dieselbe Kopfdüngung bekamen die Rüben am 16. Juni, worauf zum dritten Male gehackt wurde.

Eine dritte Kopfdüngung am 3. Juli erhielten nur die Rüben auf Parzelle 6 und 7 und zwar wieder 5 dz Chilisalpeter pro Hektar.

Die Kali- und Phosphorsäuredüngung war also auf allen Parzellen gleich, während die Salpeterdüngung auf Parzelle 6 und 7 („Stickstoffparzellen der Eckendorfer und Leutewitzer Rüben“) dreimal so hoch war (15 dz Chilisalpeter pro Hektar), wie auf den Parzellen 1—5 mit den

5 normalgedüngten Rübensorten (5 dz Chilisalpeter pro Hektar). Es sollte damit erreicht werden, dass die „N-Rüben“ infolge der ungewöhnlich grossen Salpeterdüngung ihre Vegetationszeit stark verlängerten und im Herbst, zur Zeit der Reife der normalgedüngten Rüben, nicht ausreiften.

Alle 5 Rübensorten samt den N-Rüben wurden während der Vegetation bis zur Reife in sieben verschiedenen Wachstumsstadien untersucht.

Die erste Untersuchung der ganz jungen Rüben wurde so früh wie möglich vorgenommen. Sie erfolgte am 2. Juli, 60 Tage nach der Aussaat und 45 Tage nach dem Aufgang der ersten Rüben. Zu dieser Zeit wogen die Wurzeln im Mittel ungefähr 50 g.

Von da wurden die Rüben aller 7 Parzellen jedesmal nach 14 Tagen untersucht; nur die dritte Versuchsperiode musste infolge zwingender äusserer Umstände um 10 Tage hinausgeschoben werden.

In erster Linie interessierte bei den verschiedenen Zuckerbestimmungen die Tatsache, dass in den frischen Rüben reduzierender Zucker gefunden wurde, oder richtiger gesagt, dass die Rüben eine reduzierende Wirkung äusserten, aus der sich ein Invertzuckergehalt von ungefähr 0.10 % im Mittel aller Sorten berechnete. Dies muss ich aus dem Grunde betonen, weil einige Autoren, namentlich Fritz Strohmer[1]) in Zuckerrüben nur ganz ausnahmsweise geringe Mengen reduzierender Zuckerarten gefunden haben, „und zwar nur dann, wenn die betreffenden Rüben erkrankt oder beschädigt, oder wenn die Pflanzen noch sehr jung waren, wie z. B. in nur einen Monat alten Zuckerrüben“.

Zwar handelt es sich bei Strohmer nur um Zuckerrüben, aber ich habe auch in diesen stets reduzierenden Zucker gefunden und immer nur gesunde, frisch geerntete Rüben untersucht. Ich kann mir diese Tatsache nur dadurch erklären, dass Strohmer entweder dem geringen Gehalt der Zuckerrüben an reduzierenden Zucker von weniger als 0.10 % keine Beachtung geschenkt, oder dass er nach einer Methode gearbeitet hat, mit der die von mir gefundene Reduktionswirkung der Rüben nicht zu ermitteln war. Nach Claassen ist, wie schon früher erwähnt wurde, Invertzucker sicher in der Zuckerrübe vorhanden.

Um nun festzustellen, ob irgend welche Beziehungen zwischen dem Invertzuckergehalt der Rüben, der aus ihrer Reduktionswirkung berechnet werden kann, und dem Rohrzuckergehalt oder der Rohrzuckerproduktion in den verschiedenen Vegetationsstadien vorhanden sind, ob der Gehalt an reduzierendem Zucker im Rübenkopf grösser ist als in der geköpften Rübe, und ob das Verhältnis des reduzierenden Zuckers zum Rohrzucker in der Rübe ein anderes ist als im Rübenkopf, wurden folgende Untersuchungen der Rüben am 2. Juli, 16. Juli, 10. August, 24. August, 7. September, 21. September und 5. Oktober vorgenommen:

[1]) Mitteilungen der chemisch-technischen Versuchsstation des Zentralvereines für Rübenzuckerindustrie, Wien 1908 CXCV: Fritz Strohmer: Über Aufspeicherung und Wanderung des Rohrzuckers (Saccharose) in der Zuckerrübe (Beta vulgaris L.) S. 2.

Es wurde jedesmal frühmorgens eine grössere Anzahl Rüben von jeder Parzelle entnommen, davon 15—20 Stück gleichmässig entwickelte Exemplare von typischer Form und Farbe ausgewählt, ohne Beschädigung des Rübenkopfes entblättert, gewaschen, abgetrocknet, gewogen und daraus das mittlere Gewicht pro Rübe berechnet. Dann wurde der obere Teil der Rüben bis zu den untersten Blattansätzen abgeschnitten und das mittlere Gewicht des Rübenkopfes bestimmt. Rüben und Köpfe wurden getrennt mit der auf S. 18 beschriebenen Reibmaschine zu einem sehr feinen Brei gerieben und stets getrennt untersucht. Bei der Untersuchung der grösseren Rüben wurden dieselben axial zerschnitten und je nach dem Alter entweder nur zwei gegenüberstehende Viertel oder nur zwei Achtel gemahlen.

Der Rübenbrei wurde mit der Hand gut durchgemischt, etwa vorhandene gröbere Teile oder Wurzelschwänzchen entfernt, von jeder Breiprobe das dreifache Normalgewicht = 78,14 g jedesmal für 2 Parzellbestimmungen möglichst rasch abgewogen und der übrige Rübenbrei (ungefähr 500—700 g) zur Gewinnung des Rübensaftes mit einer Spindelpresse nur mässig ausgepresst.

Die abgewogenen Breimengen wurden sofort mit 5—7 ccm Bleiessig und etwas Alkohol durchgerührt und nach dem auf S. 19 angegebenen Alkohol-Extraktionsverfahren mit 200 ccm Alkohol ausgezogen. In diesen Auszügen wurde der Rohrzucker durch Polarisation (möglichst mit dem 400 mm-Rohr) bestimmt. Da ich stets das dreifache Normalgewicht Rübenbrei mit 200 ccm Alkohol extrahierte und möglichst durch das 400 mm-Rohr polarisierte, erhielt ich den prozentischen Rohrzuckergehalt der Rübe aus dem dritten Teil der abgelesenen Polarisation, wodurch eine Genauigkeit der Bestimmung bis auf 0,03 % Rohrzucker in der Rübe ermöglicht wurde. Infolge der erwähnten Modifikation beim Extrahieren, wahrscheinlich auch infolge der Extraktion einer grossen Breimenge und der erhöhten Genauigkeit der Polarisation, erreichte ich eine sehr gute Übereinstimmung der Kontrollanalysen, die meist nur um 0,05 %, seltener um 0,07 %, und nur in ganz vereinzelten Fällen um 0,10 % Rohrzucker in der Rübe differierten.

In denselben Auszügen wurde auch der Gesamtzucker durch Reduktion nach dem auf S. 25—28 angegebenen Verfahren bestimmt und zwar auch immer in zwei Proben.

Der ausgepresste Rübensaft wurde mit der Luftpumpe von den Luftblasen befreit, sein spezifisches Gewicht nach Brix-Graden ermittelt, 200 ccm Saft sofort mit Bleiessig geklärt und in je zwei Proben davon der Invertzuckergehalt nach der auf S. 32—37 beschriebenen Saftreduktionsmethode bestimmt.

Von den Rüben der ersten und zweiten Versuchsperiode (2. Juli und 16. Juli) wurden die Rübenköpfe nicht getrennt untersucht, weil die Rüben noch zu klein waren. Die kleinen Rübenköpfchen hätten beim Zerreiben

so viel Wasser durch Verdunsten verloren, dass die Analysenresultate sehr unsicher geworden wären.

In den Tabellen VI—IX sind die Resultate der Rübenuntersuchungen aller 7 Versuchsperioden zusammengestellt. Es sind nur die Zahlen für das Mittel je zweier Parallelbestimmungen angegeben, weil die Tabellen zu umfangreich und viel weniger übersichtlich geworden wären, wenn auch die Zahlen der einzelnen Bestimmungen hätten eingefügt werden müssen.

Den genannten Tabellen sind die Daten für den Witterungsverlauf vom 1. April 1908 bis zum Tage der Rübenernte unten angefügt und zwar die gefallenen Niederschlagsmengen (in mm), die Sonnenscheindauer (in Stunden), die Intensität des Sonnenscheins (gemessen mit einem Maximumthermometer mit schwarzer Kugel) und die Summe der mittleren Tagestemperaturen in Celsius-Graden. Die Wetterangaben sind den Beobachtungen an der meteorologischen Station des Landwirtschaftlichen Instituts der Universität Halle a. S. entnommen, deren Leiter Herr Prof. Dr. HOLDEFLEISS mir die nötigen Auszüge gütigst gestattete.

Bei den Bestimmungen des Rohrzuckers durch Polarisation wurden, wie auch bei den erwähnten Vor-Versuchen, mit geringen Ausnahmen stets höhere Werte gefunden, als durch die Bestimmung des Gesamtzuckers (als Rohrzucker) durch die Reduktionsmethode. Der Unterschied beträgt im Mittel ungefähr 0,15 % Rohrzucker in der Rübe, unterliegt aber grossen Schwankungen, die in keinem Verhältnis weder zu dem Alter der Rüben noch zur Höhe ihres Zuckergehaltes stehen. Nur mit dem Gehalt an reduzierendem Zucker ist eine Beziehung wahrzunehmen, und zwar wird der Unterschied der nach den zwei genannten Methoden erhaltenen Werte um so geringer, je mehr reduzierenden Zucker die Rüben enthalten. Bei invertzuckerreichen, frischen Rüben, z. B. bei den normal und stark gedüngten Eckendorfer Rüben, Tabelle VI (S. 45) wurde durch Reduktion sogar mehr Zucker gefunden als durch die Polarisation. Dies ist ohne weiteres zu verstehen, da der Invertzucker die Polarisationsebene nach links dreht und dadurch bei der Polarisation einen geringen Teil des vorhandenen Rohrzuckers verdeckt. Dies ist gleichzeitig eine Stütze für die bereits ausgesprochene Annahme, dass der reduzierende Zuckergehalt der Rüben, wenn auch nicht ausschliesslich, so doch zum grossen Teil, aus Invertzucker besteht.

Man kann nicht prinzipiell entscheiden, ob den durch die Polarisation oder die Reduktion gewonnenen Zahlen für den Zuckergehalt der frischen Rüben eine grössere Richtigkeit und Genauigkeit beizumessen ist. Die Polarisation kann durch Stoffe nicht zuckerartiger Natur, welche durch Bleiessig nicht gefällt werden und die Polarisationsebene drehen, fehlerhaft beeinträchtigt werden.

(Fortsetzung des Textes auf S. 55.)

Tabelle VI.

Rübensorte:	Datum der Untersuchung:	2. Juli	16. Juli	10. August		24. August		7. September		21. September		5. Oktober	
		Ganze Rüben		Rüben	Köpfe	Rüben	Köpfe	Rüben	Köpfe	Rüben	Köpfe	Rüben	Köpfe
Eckendorfer Futterrüben.	Rohrzucker % (Pol.)	3,18	3,91	2,48	2,30	3,23	2,87	3,95	3,57	4,73	4,47	4,77	4.50
	Gesamtzucker % (Red.)	3,08	4,02	2,40	2,28	3,56	2,86	4,10	3,58	4,84	4,40	4,69	4,37
	Invertzucker %	0,120	0,076	0,152	0,168	0,428	0,194	0,404	0.147	0,386	0,127	0,222	0,081
	Grade Brix des Saftes	7,4	7.8	6,1	5,8	7,2	6,3	7,5	7,3	8,3	8,5	8.0	7,8
	Gewicht der frischen Substanz g	59	238	988	212	1310	220	1852	258	2085	245	2103	222
	Absolute Rohrzuckermenge g	1,88	9,31	24.51	4,88	42,32	6,31	73,15	8,80	98,63	10,95	100,3	9,99
	Absolute Invertzuckermenge g	0,071	0,181	1,502	0,356	5,607	0,427	7,482	0,379	8,049	0,311	4,669	0,180
	Invertzucker auf 100 Teile Rohrzucker	3,77	1,94	6,13	7,31	13,26	6,76	10,23	5,70	8,16	2,84	4,65	1,80
Eckendorfer Futterrüben mit hoher Stickstoff-düngung.	Rohrzucker % (Pol.)	2,93	3,61	2,56	2,06	2,73	2.70	3,10	3,05	4,07	3,80	4,13	3,87
	Gesamtzucker % (Red.)	2,70	3,66	2,67	2,11	2,83	2,66	3,19	3,12	4,22	3,85	4,28	3,93
	Invertzucker %	0,108	0,081	0,383	0,229	0,326	0,230	0,430	0,193	0,417	0,178	0,375	0,114
	Grade Brix des Saftes	6,5	7,6	6,3	5,9	6,9	6,8	7,1	7,3	8,0	8,0	7,9	7,8
	Gewicht der frischen Substanz g	60	215	992	268	1388	232	1770	220	2240	280	2050	230
	Absolute Rohrzuckermenge g	1,76	7,76	25,39	5,52	37,90	6,26	54,88	6,71	91,16	10,64	84,69	8,90
	Absolute Invertzuckermenge g	0,065	0,174	3,799	0,614	4,525	0,534	7,612	0,425	9,340	0,498	7,688	0,262
	Invertzucker auf 100 Teile Rohrzucker	3,69	2,24	14,96	11,11	11,94	8,52	13,87	6,33	10,24	4,68	9,07	2,94
Witterungs-verlauf vom 1. April an.	Zunahme:	bis 1. Mai	bis 2. Juli	bis 16. Juli	bis 10. August	bis 24. August		bis 7. September		bis 21. Sept.		bis 5. Oktober	
	Niederschlagshöhe mm	63,1	220,2	11,9	123.5	31,1		38,8		7,1		0,8	
	Sonnenscheinstunden	126.2	444,6	128,5	177,9	92.3		64,5		80,5		91,3	
	Sonnenscheinintensität	822,4	250,3	624,7	1081,9	573,9		501,9		505,6		560,9	
	Temperatursumme °C.	191,2	101,8	259,2	456,8	211,0		203,0		193,2		210,1	

Tabelle VII.

Rübensorte:	Datum der Untersuchung:	2. Juli	16. Juli	10. August		24. August		7. September		21. September		5. Oktober	
		Ganze Rüben		Rüben	Köpfe	Rüben	Köpfe	Rüben	Köpfe	Rüben	Köpfe	Rüben	Köpfe
Leutewitzer Futterrüben.	Rohrzucker % (Pol.)	2,97	3,77	3,16	2,81	3,80	2,93	5,00	4,00	5,80	5,33	5,95	4,93
	Gesamtzucker % (Red.)	2,88	3,68	2,96	2,70	3,71	2,80	4,82	3,99	5,64	5,14	5,87	4,84
	Invertzucker %	0,047	0,051	0,083	0,128	0,116	0,105	0,090	0,052	0,064	0,065	0,164	0,077
	Grade Brix des Saftes	7,0	7,4	7,3	6,7	7,2	7,0	8,9	8,5	9,5	9,3	9,2	9,0
	Gewicht der frischen Substanz g	32	184	494	157	848	182	1348	202	1535	225	1745	235
	Absolute Rohrzuckermenge g	0,95	6,94	15,61	4,41	32,23	5,33	67,41	8,08	89,02	11,99	103,8	11,58
	Absolute Invertzuckermenge g	0,075	0,093	0,410	0,201	0,983	0,191	1,213	0,105	0,982	0,146	2,86	0,181
	Invertzucker auf 100 Teile Rohrzucker	1,58	1,35	2,63	4,56	3,05	3,58	1,80	1,30	1,10	1,25	2,76	1,56
Leutewitzer Futterrüben mit hoher Stickstoffdüngung.	Rohrzucker % (Pol.)	3,09	4,25	2,92	2,65	3,45	3,30	4,80	3,60	5,20	4,73	5,80	4,97
	Gesamtzucker % (Red.)	2,98	4,22	2,67	2,48	3,38	3,12	4,60	3,45	4,99	4,55	5,87	4,90
	Invertzucker %	0,052	0,077	0,090	0,049	0,158	0,121	0,101	0,084	0,075	0,062	0,128	0,082
	Grade Brix des Saftes	7,4	7,7	6,5	6,3	7,0	7,2	9,0	8,3	9,6	9,1	9,8	7,8
	Gewicht der frischen Substanz g	32	146	555	245	1000	210	1378	182	1778	232	1932	218
	Absolute Rohrzuckermenge g	0,966	6,21	16,21	6,49	34,50	6,93	66,13	6,55	92,46	10,98	112,0	10,8
	Absolute Invertzuckermenge g	0,017	0,124	0,499	0,120	1,580	0,254	1,392	0,153	1,334	0,144	2,473	0,179
	Invertzucker auf 100 Teile Rohrzucker	1,72	1,81	3,08	1,85	4,58	3,67	2,10	2,33	1,44	1,31	2,21	1,65
Witterungsverlauf vom 1. April an.	Zunahme:	bis 1. Mai	bis 2. Juli	bis 16. Juli	bis 10. August	bis 24. August		bis 7. September		bis 21. September		bis 5. Oktober	
	Niederschlagshöhe mm	63,1	220,2	11,9	123,5	31,1		38,8		7,1		0,8	
	Sonnenscheinstunden	126,2	444,6	128,5	177,9	92,3		64,5		80,5		91,3	
	Sonnenscheinintensität	822,4	250,3	624,7	1081,9	573,9		501,9		505,6		560,9	
	Temperatursumme	191,2	101,8	259,2	456,8	211,0		203,0		193,2		210,1	

Tabelle VIII.

Rübensorte:	Datum der Untersuchung:	2. Juli	16. Juli	10. August		24. August		7. September		21. September		5. Oktober	
		Ganze Rüben		Rüben	Köpfe	Rüben	Köpfe	Rüben	Köpfe	Rüben	Köpfe	Rüben	Köpfe
Oberndorfer.	Rohrzucker % (Pol.)	3,42	4,11	3,80	3,62	4,80	4,05	5,33	5,00	5,80	5,27	5,93	5,33
	Gesamtzucker % (Red.)	3,27	3,93	3,61	3,43	4,66	3,75	5,09	4,83	5,53	5,00	5,78	5,15
	Invertzucker %	0,053	0,071	0,051	0,046	0,154	0,108	0,081	0,062	0,099	0,070	0,103	0,045
	Grade Brix des Saftes	8,3	9,1	7,4	7,2	8,7	7,7	9,0	8,8	9,3	9,4	8,9	7,6
	Gewicht der frischen Substanz g	29	102	601	152	989	181	1142	198	1490	205	1530	220
	Absolute Rohrzuckermenge g	0,992	4,19	22,80	5,50	47,47	7,33	60,87	9,90	86,42	10,81	90,74	11,73
	Absolute Invertzuckermenge g	0,015	0,072	0,306	0,070	1,520	0,196	0,925	0,123	1,475	0,143	1,576	0,099
	Invertzucker auf 100 Teile Rohrzucker	1,55	1,73	1,34	1,27	3,21	2,67	1,52	1,24	1,71	1,33	1,73	0,84
Lanker.	Rohrzucker % (Pol.)	4,67	5,40	4,00	3,50	5,87	3,73	6,20	5,07	6,80	6,27	7,73	6,93
	Gesamtzucker % (Red.)	4,45	5,09	3,71	3,22	5,72	3,49	5,99	4,84	6,62	6,08	7,58	6,84
	Invertzucker %	0,094	0,060	0,115	0,061	0,090	0,057	0,083	0,096	0,081	0,084	0,066	0,044
	Grade Brix des Saftes	7,3	10,2	8,2	7,0	9,3	8,2	9,8	9,1	10,4	10,0	10,6	10,2
	Gewicht der frischen Substanz g	59	169	607	127	830	180	1234	2,16	1334	196	1467	183
	Absolute Rohrzuckermenge g	2,75	9,13	24,28	4,45	48,72	6,71	76,51	10,95	90,72	12,29	113,4	12,68
	Absolute Invertzuckermenge g	0,0555	0,1002	0,698	0,077	0,747	0,103	1,024	0,207	1,081	0,165	0,968	0,081
	Invertzucker auf 100 Teile Rohrzucker	2,01	1,11	2,88	1,74	1,53	1,53	1,33	1,89	1,19	1,34	0,85	0,64
Witterungsverlauf vom 1. April an.	Zunahme:	bis 1. Mai	bis 2. Juli	bis 16. Juli	bis 10. August	bis 24. August		bis 7. September		bis 21. Sept.		bis 5. Oktober	
	Niederschlagshöhe mm	63.1	220,2	11,9	123,5	31,1		38,8		7,1		0,8	
	Sonnenscheinstunden	126,2	444,6	128,5	177,9	92.3		64,5		80,5		91.3	
	Sonnenscheinintensität	822,4	250,3	624,7	1081,9	573,9		501,9		505.6		560,9	
	Temperatursumme °C.	191,2	101,8	259,2	456,8	211,0		203,0		193,2		210 1	

Tabelle IX.

Rübensorte:	Datum der Untersuchung:	2. Juli	16. Juli	10. August		24. August		7. September		21. September		5. Oktober	
		Ganze Rüben		Rüben	Köpfe	Rüben	Köpfe	Rüben	Köpfe	Rüben	Köpfe	Rüben	Köpfe
Zuckerrüben.	Rohrzucker % (Pol.)	7,08	8,48	8,63	7,25	11,13	9,80	13,67	12,50	13,80	12,40	15,67	14,02
	Gesamtzucker % (Red.)	6,95	8,42	8,51	7,03	11,02	9,61	13,50	12,41	13,72	12,28	15,56	13,94
	Invertzucker %	0,093	0,081	0,122	0,091	0,066	0,063	0,072	0,076	0,113	0,132	0,083	0,079
	Grade Brix des Saftes	8,9	11,3	12,6	11,0	13,8	13,2	17,6	16,7	17,9	16,8	19,4	18,0
	Gewicht der frischen Substanz g	32	105	282	81	491	120	566	116	594	118	630	123
	Absolute Rohrzuckermenge g	2,27	8,90	24,30	5,87	54,65	11,76	77,38	14,50	81,98	14,63	98,72	17,24
	Absolute Invertzuckermenge g	0,030	0,085	0,344	0,073	0,324	0,076	0,407	0,088	0,671	0,156	0,523	0,097
	Invertzucker auf 100 Teile Rohrzucker	1,31	0,96	1,42	1,26	0,59	0,64	0,53	0,61	0,82	1,07	0,53	0,56

	Zunahme:	bis 1. Mai	bis 2. Juli	bis 16. Juli	bis 10. August	bis 24. August	bis 7. September	bis 21. September	bis 5. Oktober
Witterungsverlauf vom 1. April an.	Niederschlagshöhe mm	63,1	220,2	11,9	123,5	31,1	38,8	7,1	0,8
	Sonnenscheinstunden	126,2	444,6	128,5	177,9	92,3	64,5	80,5	91,3
	Sonnenscheinintensität	822,4	250,3	624,7	1081,9	573,9	501,9	505,6	560,9
	Temperatursummen	191,2	101,8	259,2	456,8	211,0	203,0	193,2	210,1

Tabelle X.

Mehrbetrag des prozentischen Invertzuckergehaltes der Rüben gegenüber den Köpfen.

Rübensorte:	10. Aug.	24. Aug.	7. Sept.	21. Sept.	5. Oktober
Eckendorfer	— 0,016	0,234	0,257	0,259	0,141
Leutewitzer	— 0,045	0,011	0,038	— 0,001	0,087
Oberndorfer	0,005	0,046	0,019	0,029	0,058
Lanker	0,054	0,033	— 0,013	— 0,003	0,022
Bei starker Stickstoffdüngung:					
Eckendorfer	0,154	0,096	0,237	0,239	0,261
Leutewitzer	0.041	0,037	0.017	0,013	0,046
Mittel aller Futterrüben:	0,039	0,076	0,092	0,089	0,106
Zuckerrüben	0,031	0.003	— 0.004	— 0,019	0,004
Mittel aller Rüben:	0,038	0,066	0,079	0,074	0,090

Mehrbetrag des Verhältnisses von Invertzucker auf 100 Teile Rohrzucker in den Rüben gegenüber den Köpfen.

Eckendorfer	— 1,18	6,50	4,53	5,32	2,85
Leutewitzer	— 1,93	— 0,53	0,50	— 0,15	— 1,20
Oberndorfer	0,07	0,54	0,28	0,38	0,89
Lanker	1,14	0,00	— 0,56	— 0,15	0,21
Bei starker Stickstoffdüngung:					
Eckendorfer	3,85	3,42	7,54	5,56	6,13
Leutewitzer	1,23	0.91	— 0,23	0,13	0,56
Mittel aller Futterrüben:	0,53	1,64	2,01	1,83	1,57
Zuckerrüben	0,16	— 0,05	— 0 08	— 0,25	— 0,03
Mittel aller Rüben:	0,48	1,39	1,71	1,55	1,34

Tabelle XI.

Gehalt der ganzen Rübe:	2. Juli	16. Juli	10. Aug.	24. Aug.	7. Sept.	21. Sept.	5. Okt.
Eckendorfer.							
Rohrzucker (Pol.) %	3,18	3,91	2,45	3,18	3,88	4,70	4,75
Gesamtzucker (Red.) %	3,08	4,02	2,38	3,46	4,00	4,79	4,66
Invertzucker %	0,120	0,076	0,155	0,394	0,372	0,358	0,209
Gewicht der Rübe g	59	238	1200	1530	2110	2330	2325
Absolute Rohrzuckermenge g	1,88	9,31	29,39	48,63	81,95	109,6	110,3
Absolute Invertzuckermenge g	0,071	0,181	1.858	6,034	7,861	8,360	4,849
Invertzucker auf 100 Teile Rohrzuck.	3,77	1,94	6,31	12,41	9,59	7,63	4,40

Gehalt der ganzen Rübe:	2. Juli	16. Juli	10. Aug.	24. Aug.	7. Sept.	21. Sept.	5. Okt.
Eckendorfer N.							
Rohrzucker (Pol.) %	2,93	3,61	2,45	2,73	3,09	4,04	4,10
Gesamtzucker (Red.) %	2,70	3,66	2,55	2,81	3,18	4,18	4,25
Invertzucker %	0,108	0,081	0,350	0,312	0,404	0,390	0,349
Gewicht der Rübe g	60	215	1260	1620	1990	2520	2280
Absolute Rohrzuckermenge g	1,76	7,76	30,91	44,16	61,59	101,8	93,59
Absolute Invertzuckermenge g	0,065	0,174	4,413	5,059	8,037	9,838	7,950
Invertzucker auf 100 Teile Rohrzucker	3,69	2,24	14,28	11,46	13,06	9,66	8,49
Leutewitzer Futterrüben.							
Rohrzucker (Pol.) %	2,97	3,77	3,08	3,65	4,87	5,74	5,83
Gesamtzucker (Red.) %	2,88	3,68	2,90	3,55	4,71	5,55	5,74
Invertzucker %	0,047	0,051	0,094	0,114	0,085	0,064	0,154
Gewicht der Rübe g	32	184	651	1030	1550	1760	1980
Absolute Rohrzuckermenge g	0,95	6,94	20,02	37,56	75,49	101,0	115,4
Absolute Invertzuckermenge g	0,015	0,093	0,611	1,175	1,318	1,128	3,041
Invertzucker auf 100 Teile Rohrzucker	1,58	1,35	3,05	3,13	1,74	1,11	2,63
Leutewitzer N.							
Rohrzucker (Pol.) %	3,09	4,25	2,84	3,42	4,66	5,14	5,71
Gesamtzucker (Red.) %	2,98	4,22	2,61	3,33	4,47	4,94	5,77
Invertzucker %	0,052	0,077	0,077	0,151	0,099	0,074	0,124
Gewicht der Rübe g	32	146	800	1210	1560	2010	2150
Absolute Rohrzuckermenge g	0,97	6,21	22,70	41,43	72,68	103,4	122,8
Absolute Invertzuckermenge g	0,017	0,124	0,619	1,834	1,545	1,478	2,653
Invertzucker auf 100 Teile Rohrzucker	1,72	1,81	2,73	4,43	2,13	1,43	2,16

Tabelle XII.

Zunahme der ganzen Rübe:	2. Juli	16. Juli	10. Aug.	24. Aug.	7. Sept.	21. Sept.	5. Okt.
Eckendorfer Futterrüben.							
Rohrzucker (Pol.) %	3,18	0,73	— 1,46	0,73	0,70	0,82	0,05
Gesamtzucker (Red.) %	3,08	0,94	— 1,64	1,08	0,54	0,79	— 0,13
Invertzucker %	0,120	— 0,044	0,079	0,239	— 0,022	— 0,014	— 0,149
Gewicht der Rübe g	59	179	962	330	580	220	— 5
Absolute Rohrzuckermenge g	1,88	7,43	20,08	19,24	33,32	28,6	+ 0,7
Absolute Invertzuckermenge g	0,071	0,110	1,677	4,176	1,827	+ 0,499	— 3,511
Invertzucker auf 100 Teile Rohrzucker	3,77	— 1,83	4,37	6,10	— 2,82	— 1,96	— 3,23
Eckendorfer N.							
Rohrzucker (Pol.) %	2,93	0,68	— 1,16	0,28	0,36	0,95	0,06
Gesamtzucker (Red.) %	2,70	0,96	— 1,11	0,26	0,37	1,00	0,07
Invertzucker %	0,108	— 0,027	0,269	— 0,038	0,092	— 0,014	— 0,041
Gewicht der Rübe g	60	155	1045	360	370	530	— 240
Absolute Rohrzuckermenge g	1,76	6,00	22,15	13,25	17,43	40,2	— 8,2
Absolute Invertzuckermenge g	0,065	0,109	4,239	0,546	2,978	1,799	1,888
Invertzucker auf 100 Teile Rohrzucker	3,69	— 1,45	12,04	— 2,82	1,60	— 3,40	1,17

Zunahme der ganzen Rübe:	2. Juli	16. Juli	10. Aug.	24. Aug.	7. Sept.	21. Sept.	5. Okt.
Leutewitzer Futterrüben.							
Rohrzucker (Pol.) %	2,97	+ 0,80	— 0,69	0,57	1,22	0,87	0,09
Gesamtzucker (Red.) %	2,88	0,80	— 0,78	0,65	1,16	0,84	0,19
Invertzucker %	0.047	0,004	+ 0,043	0,020	— 0,029	— 0.021	0,090
Gewicht der Rübe g	32	152	467	379	520	210	220
Absolute Rohrzuckermenge g	0,95	5,99	13,08	17,54	37,93	25,5	14,4
Absolute Invertzuckermenge g	0,015	0,078	0,518	0,564	+ 0,143	— 0,190	1,913
Invertz. auf 100 Teile Rohrz.	1,58	— 0,23	1,70	0,08	1,39	— 0,63	1,52
Leutewitzer N.							
Rohrzucker (Pol.) %	3,09	1,16	— 1,41	0,58	1,24	0,48	0,57
Gesamtzucker (Red.) %	2,98	1,24	— 1,61	0,72	1,14	0,47	0,83
Invertzucker %	0,052	0,025	0,000	0,074	— 0,052	— 0,025	0,050
Gewicht der Rübe g	32	114	654	410	350	450	140
Absolute Rohrzuckermenge g	0,97	5,24	16,49	18,73	31,25	30,7	19,4
Absolute Invertzuckermenge g	0,017	0,117	0,495	1,215	— 0,289	— 0,067	1,175
Invertz. auf 100 Teile Rohrz.	1,72	0,09	0,92	1,70	— 2,30	— 0,70	0,73

Tabelle XIII.

Gehalt der ganzen Rübe:	2. Juli	16. Juli	10. Aug.	24. Aug.	7. Sept.	21. Sept.	5. Okt.
Oberndorfer Futterrüben.							
Rohrzucker (Pol.) %	3,42	4,11	3,76	4,47	5,28	5,74	5,86
Gesamtzucker (Red.) %	3,27	3,93	3,57	4,52	4,94	5,47	5,70
Invertzucker %	0,053	0,071	0,050	0,147	0,078	0,095	0,096
Gewicht der ganzen Rübe g	29	102	753	1170	1340	1695	1750
Absolute Rohrzuckermenge g	0,992	4,19	28,30	54,80	70,77	97,23	102,5
Absolute Invertzuckermenge g	0,015	0,072	0,376	1,716	1,048	1,618	1,675
Invertz. auf 100 Teile Rohrz.	1,55	1,73	1,33	3,28	1,48	1,66	1,63
Lanker Futterrüben.							
Rohrzucker (Pol.) %	4,67	5,40	3,91	5,48	6,03	6,73	7,64
Gesamtzucker (Red.) %	4,45	5,09	3,63	5,32	5,82	6,55	7,50
Invertzucker %	0,094	0,060	0,106	0,084	0,085	0,081	0,064
Gewicht der ganzen Rübe g	59	169	734	1010	1450	1530	1650
Absolute Rohrzuckermenge g	2,75	9,13	28,73	55,43	87,46	103,0	126,1
Absolute Invertzuckermenge g	0,0555	0,1002	0,775	0,850	1,231	1.246	1,049
Invertz. auf 100 Teile Rohrz.	2,01	1,11	2,70	1,53	1,40	1,21	0,64
Mittel aller Futterrüben.[1])							
Rohrzucker (Pol.) %	3,56	4,30	3,30	4,19	5,02	5,79	6,02
Gesamtzucker (Red.) %	3,42	4,18	3,12	4,21	4,87	5,59	5,90
Invertzucker %	0,079	0,065	0,101	0,185	0,155	0,149	0,130
Gewicht der ganzen Rübe g	45	173	835	1185	1612	1829	1926
Absolute Rohrzuckermenge g	1,64	7,39	26,61	49,10	78,92	102,7	113,6
Absolute Invertzuckermenge g	0,039	0,112	0,905	2,444	2,859	3,063	2,653
Invertz. auf 100 Teile Rohrz.	2,23	2,53	3,35	5,09	3,55	2,90	2,32

[1]) Ohne N-Rüben.

Gehalt der ganzen Rübe:	2. Juli	16. Juli	10 Aug.	24. Aug.	7. Sept.	21. Sept.	5. Okt.
Zuckerrüben:							
Rohrzucker (Pol.) %	7,08	8,48	8,32	10,87	13,47	13,57	15,41
Gesamtzucker (Red.) %	6,95	8,42	8,18	10,75	13.31	13,48	15,30
Invertzucker %	0,093	0,081	0,115	0,065	0,073	0,116	0,082
Gewicht der ganzen Rübe g	32	105	363	611	682	712	753
Absolute Rohrzuckermenge g	2,27	8,90	30,20	66,41	91,88	96,61	116,0
Absolute Invertzuckermenge g	0,030	0,085	0,417	0,400	0,495	0,827	0,620
Invertz. auf 100 Teile Rohrz.	1,31	0,96	1,38	0,60	0,54	0,86	0,53

Tabelle XIV.

Zunahme der ganzen Rübe:	2. Juli	16. Juli	10. Aug	24. Aug.	7. Sept.	21. Sept.	5. Okt.
Oberndorfer Futterrüben.							
Rohrzucker %	3,42	0,69	— 0,35	0,71	0,81	0,46	0,12
Gesamtzucker %	3,27	0,66	0,36	0,95	0,42	0,53	0,23
Invertzucker %	0,053	0,018	— 0,021	0,097	— 0,069	0,017	0,001
Rübengewicht g	29	73	651	417	170	355	55
Absolute Rohrzuckermenge g	0,992	3,29	24,11	26,50	15,97	26,46	5,27
Absolute Invertzuckermenge g	0,015	0,057	0.304	1,340	— 0,668	0,570	0,057
Invertz. auf 100 Teile Rohrz.	1,55	0,18	— 0,40	1,95	— 1,80	0,18	— 0,03
Lanker Futterrüben.							
Rohrzucker %	4,67	0,73	— 1,49	1,57	0,55	0,70	0,91
Gesamtzucker %	4,45	0,64	— 1,46	1,69	0,50	0,73	0,95
Invertzucker %	0,094	— 0,034	0,046	— 0,022	0,001	— 0,004	— 0,017
Rübengewicht g	59	110	565	276	440	80	120
Absolute Rohrzuckermenge g	2,75	6,38	19,60	26,70	32,03	15,54	23,10
Absolute Invertzuckermenge g	0,0555	0,045	0,675	0,075	0,381	0,015	— 0,197
Invertz. auf 100 Teile Rohrz.	2,01	— 0,90	1,59	— 1,17	— 0,13	— 0,19	— 0,57
Mittel aller Futterrüben.[1])							
Rohrzucker %	3,56	0,74	— 1,00	0,65	0,82	0,71	0,29
Gesamtzucker %	3,42	0,76	— 1,06	1,09	0,66	0,72	0,31
Invertzucker %	0.079	— 0,014	0,036	0,084	— 0,030	— 0,06	— 0,019
Rübengewicht g	45	128	662	350	427	217	97
Absolute Rohrzuckermenge g	1,64	5,75	19,22	22,49	29,82	23,75	10,90
Absolute Invertzuckermenge g	0,039	0,073	0,793	1,539	0,415	0,204	— 0,41
Invertz. auf 100 Teile Rohrz.	2,23	0,30	0,82	1,74	— 1,54	0,65	0,58
Zuckerrüben.							
Rohrzucker %	7,08	1,40	— 0,16	2,55	2,60	0,10	1,84
Gesamtzucker %	6,95	1,47	— 0,24	2,57	2,56	0,17	1,82
Invertzucker %	0,093	— 0,012	0,034	— 0,050	0,008	0,043	— 0,084
Rübengewicht g	32	73	258	248	71	30	41
Absolute Rohrzuckermenge g	2,27	6,63	21,30	36,21	25,47	4,79	19,39
Absolute Invertzuckermenge g	0,030	0,055	0,322	0,017	0,095	0,332	— 0,207
Invertz. auf 100 Teile Rohrz.	1,31	— 0,35	0,42	— 0,78	— 0,06	0,32	— 0,33

[1]) Ohne N-Rüben.

Tabelle XV.

	2. Juli	16. Juli	10. Aug	24. Aug.	7. Sept.	21. Sept.	5. Okt.
Mittel aller Futterrübensorten.[1])							
Rübengewicht	45	173	835	1185	1682	1829	1926
Rübengewicht, Zunahme pro Tag g	1,00	8,86	26,5	25,0	30,5	15,5	6,9
Rohrzucker, Prozentgehalt	3,56	4,30	3,30	4,19	5,02	5,79	6,02
Rohrzucker, absolute Menge pro Rübe g	1,64	7,39	26,6	49,1	78,9	102,7	113,6
Zunahme des Rohrzuckers in g pro Rübe und Tag	0,036	0,41	0,77	1,61	2,13	1,70	0,77
Invertzucker, Prozentgehalt	0,079	0,065	0,101	0,185	0,155	0,149	0,130
Invertzucker, absolute Menge pro Rübe g	0,039	0,112	0,91	2,44	2,86	3,06	2,65
Zunahme des Invertzuckers in g pro Rübe und Tag	0,001	0,005	0,032	0,110	0,030	0,015	— 0,030
Verhältnis des Invertzuckers auf 100 Teile Rohrzucker	2,23	2,53	3,35	5,09	3,55	2,90	2,32
Verhältnis in den geköpften Rüben	—	—	3,25	2,76	3,72	3,04	2,44
Verhältnis in den Rübenköpfen	—	—	3,72	3,64	2,53	1,69	1,21

Witterungsverlauf.	1. Mai bis 1. Juni	1. Juni bis 2. Juli	2.—16. Juli	16. Juli bis 10. Aug.	10.—24. Aug.	24. Aug. bis 7. Sept.	7.—21. Sept.	21. Sept. bis 5. Okt.
Regenhöhe	182,5	37,7	11,9	123,5	31,1	38,8	7,1	0,8
Regenhöhe pro Tag	5,9	1,2	0,85	6,4	2,2	2,8	0,5	0,06
Sonnenscheinstunden pro Tag	5,28	8,78	9,2	7,1	6,6	1,6	5,7	6,5
Sonnenscheinintensität pro Tag	36.6	42,7	44,6	43,3	41,0	35,8	36,1	40,1
Temperatur, Tagesmittel	14,5	18,3	18,5	18,3	15,1	14,5	13,8	15,0
Temperatur, Minimum	4,1	8,3	11,4	10,6	6,4	6,8	6,4	4,8
Temperatur, Maximum	28,4	31,3	35,2	30,2	29,1	22,7	27,2	27,7

Zuckerrüben.							
Rübengewicht g	32	105	363	611	682	712	753
Rübengewicht, Zunahme pro Tag g	0,71	5,21	10,3	17,7	5,07	2,14	2,97
Rohrzucker, Prozentgehalt	7,08	8,48	8,32	10,87	13,47	13,57	15,41
Rohrzucker, absolute Menge pro Rübe g	2,27	8,90	30,20	66,41	91,88	96,61	116,0
Zunahme des Rohrzuckers in g pro Rübe und Tag	0,051	0,47	0,85	2,58	1.82	0,34	1,38
Invertzucker, Prozentgehalt	0,093	0,081	0,115	0,065	0,073	0,116	0,082
Invertzucker, absolute Menge pro Rübe g	0,030	0,085	0,417	0,400	0,495	0,827	0,620
Zunahme des Invertzuckers in g pro Rübe und Tag	0,001	0,006	0,013	— 0,001	0,007	0,024	— 0,015
Verhältnis des Invertzuckers auf 100 Teile Rohrzucker	1,31	0,96	1,38	0,60	0,54	0,86	0,53
Verhältnis in den geköpften Rüben	—	—	1,42	0,59	0,53	0,82	0,53
Verhältnis in den Rübenköpfen	—	—	1,26	0,64	0,61	1,07	0,56

[1]) Ohne N-Rüben.

Tabelle XVI.

Ganze Rüben:		2. Juli	16. Juli	10. Aug.	24. Aug.	7. Sept.	21. Sept.	5. Okt.
Eckendorfer	Rohrzuckerzunahme pro Tag und Rübe	0,07[1])	0,50	0,80	1,37	2,38	2,04	0,05
	Invertzuckerprozentgehalt	0,120	0,076	0,155	0,394	0,372	0,358	0,209
	Menge des Invertz. auf 100 Teile Rohrz.	3.77	1,94	6,31	12,41	9,59	7,63	4,40
Eckendorfer N	Rohrzuckerzunahme pro Tag und Rübe	0,07	0,43	0,89	0,95	1,25	2,87	—
	Invertzuckerprozentgehalt	0,108	0,081	0,350	0,312	0,404	0,390	0,389
	Menge des Invertz. auf 100 Teile Rohrz.	3,69	2,24	14,28	11,86	13,06	9,66	8,49
Leutewitzer	Rohrzuckerzunahme pro Tag und Rübe	0,04	0,43	0,52	1,25	2,71	1,82	1,03
	Invertzuckerprozentgehalt	0,047	0,051	0,094	0,114	0,085	0,064	0,154
	Menge des Invertz. auf 100 Teile Rohrz.	1,58	1,35	3,05	3,13	1,74	1,11	2,63
Leutewitzer N	Rohrzuckerzunahme pro Tag und Rübe	0,04	0,37	0,66	1,34	2,23	2,19	1,38
	Invertzuckerprozentgehalt	0,052	0,077	0,077	0,151	0,099	0,074	0,124
	Menge des Invertz. auf 100 Teile Rohrz.	1,72	1,81	2,73	4,43	2,13	1,43	2,16
Oberndorfer	Rohrzuckerzunahme pro Tag und Rübe	0,04	0,24	0.96	1.89	1,14	1,89	0,38
	Invertzuckerprozentgehalt	0,053	0,071	0,050	0,147	0,078	0,095	0,096
	Menge des Invertz. auf 100 Teile Rohrz.	1,55	1,73	1,33	3,28	1,48	1,66	1,63
Lanker	Rohrzuckerzunahme pro Tag und Rübe	0.11	0,46	0,78	1,87	2,29	1,11	1,65
	Invertzuckerprozentgehalt	0,094	0,060	0,106	0,084	0,085	0,081	0,064
	Menge des Invertz. auf 100 Teile Rohrz.	2,01	1,11	2,70	1,53	1,40	1,21	0,84
Mittel ohne beide Eckendorfer	Rohrzuckerzunahme pro Tag und Rübe	0,06	0,38	0,73	1.59	2,09	1,75	1,11
	Invertzuckerprozentgehalt	0,062	0,065	0,082	0,124	0,087	0,078	0,109
	Menge des Invertz. auf 100 Teile Rohrz.	1,72	1,50	2,45	3,09	1,69	1,35	1,82
Zuckerrüben	Rohrzuckerzunahme pro Tag und Rübe	0,05	0,47	0,85	2,58	1,82	0,34	1,38
	Invertzuckerprozentgehalt	0,093	0,081	0,115	0,065	0,073	0,116	0,082
	Menge des Invertz. auf 100 Teile Rohrz.	1,31	0,96	1,38	0,60	0,54	0,86	0,53

Witterungsverlauf:	1. April bis 1. Mai	1. Mai bis 1. Juni	1. Juni bis 2. Juli	2. Juli bis 16. Juli	16. Juli bis 10. Aug.	10. Aug. bis 24. Aug.	24. Aug. bis 7. Sept.	7. Sept. bis 21. Sept	21. Sept. bis 5. Okt.
Regenhöhe mm	63,0	182,5	37,7	11,9	123,5	31,1	38,8	7,1	0,8
Regenhöhe pro Tag	2,1	5,9	1,2	0,85	6,4	2,2	2,8	0,5	0,06
Sonnenscheinstd. pro Tag	4,21	5,28	8,78	9.2	7,1	6,6	4,6	5,7	6,5
Sonnenscheinintensität pro Tag . . .	27,4	36,6	42,7	44,6	43,3	41,0	35,8	36,1	40,1
Mittlere Tagestemperatur	6,4	14,5	18,3	18,5	18,3	15,1	14,5	13,8	15,0
Minimum	— 0,4	4,1	8,3	11,4	10,6	6,4	6,8	6,4	4,8
Maximum	18,0	28,4	31,3	35,2	30,2	29,1	22,7	27,2	27,7

[1]) Seit Aufgang der Rüben.

Andererseits kann die Reduktionswirkung der invertierten Zuckerlösung durch gelöste und nicht ohne weiteres fällbare Stoffe der Rübensubstanz, aber auch durch direkte oder indirekte Einwirkung des Klärungsmittels beeinflusst werden.

Es ist auf Grund dieser Überlegungen und der gewonnenen Zahlen auch nicht möglich, mit Sicherheit zu sagen, bei welcher von beiden Methoden die fehlerhafte Abweichung grösser ist.

Infolge dieser Schwankungen und des sehr geringen Gehaltes an reduzierendem Zucker habe ich es unterlassen, denselben von dem polarisierten Rohrzucker oder von dem durch Reduktion bestimmten Gesamtzucker abzurechnen, weil den gewonnenen Zahlen doch kein besonderer Wert hätte beigemessen werden können.

Was kann nun aus den periodischen Untersuchungen der genannten Rübensorten bezüglich der Frage des Rohrzuckeraufbaues in der Rübenwurzel gefolgert werden? Die einzelnen Rübensorten verhalten sich entsprechend ihrem ungleichen Rohrzuckergehalte sehr verschieden, daher können einheitliche, allgemein gültige Schlüsse noch nicht gezogen werden.

Der Invertzuckergehalt ist bei den rohrzuckerärmeren Sorten ganz bedeutend höher als bei den rohrzuckerreichen Sorten und den Zuckerrüben. Es besteht kein konstantes Verhältnis zwischen dem Invertzucker- und Rohrzuckergehalt, sondern die Menge des auf 100 Teile Rohrzucker entfallenden Invertzuckers ist in den verschiedenen Rübensorten in gleichen Entwickelungsstadien um so höher, je niedriger der Rohrzuckergehalt einer Sorte ist.

Durch die eingangs erörterten Untersuchungen der genannten Forscher hatte sich für die Zuckerrübe ergeben, dass der Rohrzucker bereits in den Blättern aus den dort gebildeten Monosacchariden aufgebaut wird. Doch geht aus den Arbeiten nicht notwendig hervor, dass der Rohrzucker in seiner Gesamtheit in den Blättern entsteht. Diese Frage kann nur dadurch gelöst werden, dass die Vorgänge bezüglich der reduzierenden und nicht reduzierenden Zuckerarten auch in der Rübe selbst untersucht werden. Da nun in manchen Futterrübensorten der Gehalt an reduzierendem Zucker fünf- bis sechsmal grösser ist als bei den Zuckerrüben, so konnten die Resultate für den Zuckerbildungsprozess von den Zuckerrüben nicht ohne weiteres auch auf alle Futterrüben übertragen werden.

In der Tabelle VI sind die Resultate der Eckendorfer Futterrüben mit normaler und sehr hoher Stickstoffdüngung (15 dz pro Hektar) zusammengestellt. Die acht Wochen alten Rüben haben schon bei einem mittleren Gewicht der entblätterten, aber nicht geköpften Rüben von 59 g einen Zuckergehalt von 3,18 % (3,08 %), der bis zur Reife nur noch um die Hälfte zunimmt und bis auf 4,50 % (4,37 %) anwächst. Der prozentische Zuckergehalt nimmt nicht gleichmässig zu, sondern wird in der dritten Versuchsperiode durch die reichlichen Niederschlagsmengen, die seit dem Ende der zweiten Periode um 124 mm ansteigen, von 3,91 % (4,02 %)

auf 2,48 % (2,40 %) herabgedrückt. Von da an nimmt er bis zur Ernte infolge des gleichmässig verlaufenen Wetters ohne Unterbrechung zu.

Dieselben Verhältnisse finden wir bei den Eckendorfer Rüben der Stickstoffparzelle mit dem kleinen Unterschied, dass dort die Rüben etwas geringeren Zuckergehalt, aber etwas höheres Gewicht erreichen. Die Rüben sind ein wenig grösser, aber wässriger. Das spezifische Gewicht des Saftes ist wahrscheinlich durch die vermehrte Salzaufnahme auch bei den Stickstoffrüben ungefähr so hoch, wie bei den der normal gedüngten Rüben.

Der Invertzuckergehalt beträgt in den 8 Wochen alten Eckendorfer Futterrüben 0,120 % und sinkt in 14 Tagen sogar auf 0,076 %. In der dritten Periode steigt er auf 0,152 %, in den Rübenköpfen sogar bis auf 0,168 %. Innerhalb 14 Tagen erfährt der Invertzuckergehalt der Rübe eine sehr rasche Zunahme bis 0,428 %, in den Köpfen dagegen nur bis 0,194 %. Damit hat der Invertzuckergehalt in dieser Rübensorte den Höhepunkt erreicht und erleidet in Rübe und Kopf eine allmähliche Abnahme bis auf 0,222 % in der Rübe und 0,081 in den Köpfen zur Erntezeit.

Bei den Stickstoffrüben dieser Sorte finden dieselben Schwankungen des Invertzuckergehaltes statt, aber die Steigerung von der zweiten zur dritten Periode ist viel grösser, andererseits wird der Höhepunkt erst 14 Tage später erreicht (0,43 % in den Rüben und 0.193 % in den Köpfen), und es findet bis zum Herbst nur eine geringe Abnahme des Invertzuckergehaltes statt (bis 0,375 % in den Rüben und 0,114 in den Köpfen).

Die absolute Invertzuckermenge ist nicht wie bei dem Rohrzucker im Oktober am grössten, sondern Mitte September. Bis zum Oktober nimmt derselbe in den normal gedüngten Rüben sogar um die Hälfte ab; bei den Stickstoffrüben ist die Abnahme viel geringer.

Um die Änderungen des Verhältnisses des reduzierenden und nicht reduzierenden Zuckers während des Wachstums verfolgen zu können, sind in den Tabellen VI und folgende für jede Versuchsperiode die Invertzuckermengen berechnet, die auf 100 Gewichtsteile Rohrzucker der Rübe entfallen. Bei den rohrzuckerarmen, aber invertzuckerreichen Eckendorfer Futterrüben sind naturgemäss die hierfür berechneten Zahlen am grössten. Bei den normal gedüngten 8 Wochen alten Rüben entfallen auf 100 Teile Rohrzucker 3,77 Teile Invertzucker; dann fällt das Verhältnis in der zweiten Versuchsperiode auf 1,94, wächst aber bis zum Ende der dritten Periode auf 6,13 an, erreicht in der zweiten Augusthälfte den Höchstbetrag von 13,26 in den Rüben (in den Köpfen nur 6.78) und geht bis Anfang Oktober auf 4,65 zurück.

Bei den Stickstoffrüben ist der Verlauf ähnlich, nur sind die Werte infolge des etwas niederen Rohrzucker- und höheren Invertzuckergehaltes im allgemeinen etwas höher, das Maximum (14,96 Teile Invertzucker auf 100 Teile Rohrzucker) weisen die Rüben schon am 10. August auf; in den folgenden 14 Tagen geht das Verhältnis zurück, um in weiteren 14 Tagen

aber wieder einen Höhepunkt zu erreichen (13,87), und von da an bis 5. Oktober viel weniger als bei den normal gedüngten Rüben abzunehmen.

Die Tabelle VII enthält die Resultate, die bei Untersuchung der normal gedüngten und stark mit Chilisalpeter gedüngten Leutewitzer Futterrüben erhalten wurden. Die Rohrzuckerprozente nehmen in derselben Weise zu wie bei den Eckendorfer Rüben. Auch hier ist am 10. August infolge der seit Ende der vorigen Versuchsperiode reichlich gefallenen Niederschläge eine Depression des Zuckergehaltes wahrzunehmen.

Der Invertzuckergehalt bleibt hier, so wie bei allen anderen Rübensorten, weit hinter dem der Eckendorfer Rüben zurück. Am niedrigsten ist hier der Invertzuckergehalt im jüngsten Stadium 0,047 % und nimmt in den drei nächsten Perioden gleichmässig zu; Ende August beträgt er 0,116 % in den Rüben und 0,105 % in den Köpfen; in dem folgenden Monat fällt er gleichmässig; vom 21. September bis zum 5. Oktober steigt er aber plötzlich auf 0,164 % in den Rüben und 0,077 % in den Köpfen.

Die absolute Menge des Invertzuckers erfährt nur vom 7.—21. September eine geringe Abnahme.

Die Menge des Invertzuckers auf 100 Teile Rohrzucker erreicht bei den Leutewitzer Futterrüben infolge des viel geringeren Invertzucker- und etwas höheren Rohrzuckergehaltes niemals solch hohe Werte wie bei den Eckendorfer Futterrüben; sonst aber finden die gleichen Schwankungen statt; das Maximum wird auch hier in der zweiten Augusthälfte erreicht. Durch die hohe Salpeterdüngung sind keinerlei bemerkenswerte Unterschiede gegen die normal gedüngten Rüben der gleichen Sorte hervorgerufen worden. Der prozentische Invertzuckergehalt macht die gleiche Kurve mit wie bei den normal gedüngten Rüben; merkwürdigerweise ist auch hier am Ende des Wachstums nochmals eine Zunahme zu bemerken. Die Menge des Invertzuckers auf 100 Teile Rohrzucker weist bei dieser Rübensorte durch die hohe Stickstoffgabe einen gleichsinnigen Unterschied auf wie bei den Eckendorfer Rüben.

Die Oberndorfer Futterrüben (Tabelle VIII) kommen den gleichgedüngten Leutewitzer Rüben in bezug auf Rohrzuckergehalt, Invertzuckergehalt usw. am nächsten. Die Oberndorfer Rüben entwickeln sich anfänglich langsamer als die Leutewitzer, haben aber höheren Rohrzuckergehalt. Doch werden sie auch diesbezüglich von den Leutewitzer Rüben bis zum Herbst wieder eingeholt, so dass die letzteren infolge ihres grösseren Gewichtes einen höheren Zuckerertrag pro Rübe aufwiesen.

Der Invertzuckergehalt beträgt nach der ersten Versuchsperiode 0,053 % und erreicht nach einer geringen Schwankung (wahrscheinlich zufolge der grossen Regenmenge) am 24. August das Maximum von 0,154 % in den Rüben und 0,108 % in den Köpfen; nach einer Depression auf 0,081 bezw. 0,062 findet hier eine Steigerung schon vor dem 21. September statt, die sich bis zum 5. Oktober auf ungefähr gleicher Höhe hält, während

bei den Leutewitzer Futterrüben erst am 5. Oktober wieder eine Erhöhung des Invertzuckergehaltes eintrat.

Bei den Oberndorfer Futterrüben nimmt auch die absolute Menge des Invertzuckers pro Rübe bis zum Schluss stets zu. Das Verhältnis des Invertzuckers auf 100 Teile Rohrzucker beginnt mit 1,55, steigt am 24. August bis 3,21 bezw. 2,67 in den Köpfen und beträgt am Schlusse 1,73 in den Rüben und 0,84 in den Köpfen.

Die zuckerreichen Lanker Futterrüben (Tab. VIII.) verhalten sich in mancher Hinsicht anders als die bisher besprochenen Sorten. Der Invertzuckergehalt macht während der 7 Versuchsperioden geringere Schwankungen durch. Der höchste Prozentgehalt findet sich schon zu Anfang August vor (0,115 bezw. 0,061%); nach einer geringen Abnahme bleibt er bis 21. September auf ungefähr gleicher Höhe und erst am 5. Oktober ist wieder eine stärkere Abnahme zu verzeichnen, zu einer Zeit, da die Leutewitzer und Oberndorfer gerade umgekehrt eine Steigerung ihres Invertzuckergehaltes erfahren.

Die absolute Menge des Invertzuckers nimmt erst nach dem 21. September um ein Unbedeutendes ab.

Die Menge des Invertzuckers auf 100 Teile Rohrzucker ist schon bei der ersten Untersuchung ziemlich hoch (2,01), fällt in 14 Tagen auf 1,11, steigt aber bis zum Ende der nächsten Versuchsperiode auf 2.28 in den Rüben und 1,74 in den Köpfen und fällt unter gleichmässiger Abnahme bis zum 5. Oktober auf 0,85 bezw. 0,64.

Die Zuckerrüben (Tab. IX.) entfernen sich von den Futterrüben in dem bereits bei den zuckerreicheren Lanker Futterrüben angedeuteten Sinne. Die Schwankungen des Invertzuckergehaltes sind hier noch geringer und lassen den bei den 3 zuerst beschriebenen Sorten gefundenen periodischen Verlauf des Invertzuckergehaltes am wenigsten erkennen. Genau wie bei den Lanker Futterrüben finden wir den höchsten Invertzuckergehalt der Rüben schon am 10. August (0,122%), dann nimmt er plötzlich ungefähr die Hälfte ab, erreicht aber am 21. September wieder die Höhe von 0,113% in den Rüben und 0,132% in den Köpfen und fällt bis zum 5. Oktober auf 0,083% bezw. 0,079%. Der Invertzuckergehalt verläuft also hier nicht in einer Kurve, die in der zweiten Augusthälfte kulminiert, sondern bleibt mit Ausnahme der Resultate vom 10. August und 21. September auf einer mittleren Höhe von 0,07%.

Welche Momente würden nun Schlüsse ziehen lassen, dass der Rohrzucker nicht nur im Blattapparat, sondern auch in den Rübenwurzeln aus seinen Komponenten, den Monosacchariden, aufgebaut wird? Der gefundene Unterschied des Invertzuckergehaltes in dem unteren Teil der Rübe und den Rübenköpfen gibt zu einer solchen Schlussfolgerung keine Veranlassung. Denn wie aus der Tabelle X hervorgeht, enthalten die Rübenköpfe in den weitaus meisten Fällen weniger Invertzucker als die geköpften Rüben. Am grössten ist der Unterschied bei den Ecken-

dorfer Futterrüben. Im Mittel aller Untersuchungen enthalten die Rüben 0,07 % mehr Invertzucker als die Rübenköpfe.

Auch wenn man die Menge des auf 100 Teile Rohrzucker entfallenden Invertzuckers in Betracht zieht, kommt man zu demselben Ergebnis.

Jedoch ist diese Tatsache noch kein beweisgültiger Grund, den Rohrzuckeraufbau in der Rübe in Abrede stellen zu müssen, denn der durch den Rübenkopf aus dem Blattapparat eingewanderte reduzierende Zucker könnte in dem unter dem Kopf befindlichen Teil der Rübe eine mässige Anhäufung erfahren, bevor er zu Saccharose aufgebaut wird.

Bei der Untersuchung der Rübenblätter hat man wahrgenommen, dass der Rohrzuckergehalt während des Wachstums der Rüben sehr erheblich schwankt, der reduzierende Zucker aber ziemlich gleichmässig bis zur Ernte zunimmt.

Eine solche konstante Steigerung des Invertzuckergehaltes findet in der Rübe nicht statt, wohl aber ist bei einigen Futterrübensorten eine Zunahme des Invertzuckergehaltes bis zur zweiten Augusthälfte wahrnehmbar. Da in dieser Zeit die Zuckeraufspeicherung in der Rübe am grössten ist, hoffte ich, aus den Beziehungen des Invertzuckergehaltes der Rüben zur täglichen Rohrzuckerproduktion einen Anhaltspunkt zur Klärung der Frage zu finden, ob Rohrzucker auch in der Rübe aufgebaut wird.

Aus diesem Grunde sind in den Tabellen XI—XV alle Resultate der untersuchten Rüben und Köpfe auf die „ganzen Rüben" umgerechnet und in der Tabelle XVI zur bequemeren Übersicht die Invertzuckerprozentzahlen und die Menge des auf 100 Teile Rohrzucker entfallenden Invertzuckers mit den Zahlen, die für die tägliche Rohrzuckerproduktion pro Rübe in den einzelnen Vegetationsabschnitten für die verschiedenen Rübensorten berechnet wurden, samt den nötigen meteorologischen Angaben zusammengestellt.

In der Tat ist wenigstens bei den Futterrüben ein greifbarer Zusammenhang zwischen dem Invertzuckergehalt und der Zuckerproduktion zu ersehen. Bei den jungen Rüben bis zum 16. Juli sind diese Beziehungen noch gestört, treten dann aber bis zum Herbst um so deutlicher hervor. Während die tägliche Zuckerproduktion im Mittel aller normal gedüngten Futterrübensorten von 0,41 g Zucker pro Rübe in der zweiten Periode konstant bis 2,13 g täglich in der Zeit vom 24. August bis 7. September sich steigert und von da ab gleichmässig abnimmt, findet eine gleichsinnige Zunahme des prozentischen Invertzuckergehaltes von 0,065 % am 16. Juli bis 0,185 % am 24. August, dann wieder eine sehr gleichmässige Abnahme bis zum Herbst statt. Der höchste Invertzuckergehalt in den Rüben fällt allerdings etwas vor die Zeit der höchsten täglichen Zuckerproduktion.

Selbst wenn man bei den Mittelberechnungen die invertzuckerreiche Eckendorfer Futterrübe ausschaltet (Tabelle XV), steigt und fällt der prozentische Invertzuckergehalt und seine auf 100 Teile Rohrzucker berechnete Menge nahe parallel mit der Zuckerproduktion.

Bei den Zuckerrüben treten diese Beziehungen lange nicht so klar hervor, wenngleich auch dort der höchste Invertzuckergehalt kurz vor die Zeit der grössten Zuckeraufspeicherung pro Tag und Rübe fällt.

Ich will jedoch nicht behaupten, dass man allein aus diesen Ergebnissen folgern darf, dass bei den Futterrüben mit Sicherheit auch in der Rübenwurzel Rohrzucker aus den Monosacchariden aufgebaut wird. Denn der erhöhte reduzierende Zuckergehalt kann eventuell nur eine Folgeerscheinung der intensiveren Tätigkeit und des Wachstums der Rübe sein, die in dieser Zeit die grösste tägliche Substanzvermehrung erfährt und am meisten Rohrzucker für ihre Bauzwecke umbildet und spaltet. Auch könnte der reduzierende Zucker nur als Begleitstoff mit dem Rohrzucker aus dem Blattapparat eingewandert sein, um aber in der Rübenwurzel nicht als Baumaterial für die Saccharose, sondern um zur Atmung oder anderen Funktionen zu dienen.

5. Inversion und Abnahme des Rohrzuckers in den verschiedenen Futterrübensorten (und Zuckerrüben) bei der Lagerung in der Miete während des Winters.

Bei der Lagerung während der Ruhepause im Winter sind die Rüben mannigfaltigen Veränderungen ihrer Zusammensetzung unterworfen, da sie als lebende Organismen zur Erhaltung ihres Lebens unvermeidliche Funktionen verrichten müssen, die stoffliche Veränderungen der Rübensubstanz zur Folge haben. Selbstverständlich gilt dies sowohl von den Zucker- als auch den Futterrüben. Es ist unmöglich, dieselben während der scheinbaren Ruhepause im Winter so aufzubewahren, dass sie keinerlei Veränderungen ler Substanz erleiden.

Zu den wichtigsten Prozessen, welche die lebenden Rüben auch bei der Lagerung unterhalten müssen, ist die Atmung zu rechnen. Sie geschieht in gleichem Sinne wie die tierische Atmung, indem energiereiche organische Kohlenstoffverbindungen hauptsächlich zu Kohlendioxyd und Wasser verbrannt werden, um dabei die zur Erhaltung des Lebens nötigen Energiemengen in Freiheit zu setzen.

Der Atmungsprozess der Rüben während der Lagerung im Winter ist vornehmlich bei der Zuckerrübe durch sehr zahlreiche Forscher untersucht worden, denn das Verhalten der Rüben bei der Lagerung ist auch praktisch von grösster Wichtigkeit. Es hat sich herausgestellt, dass die Menge der gebildeten Kohlensäure um so grösser ist, je mehr der Zuckergehalt der Rüben bei der Lagerung abnimmt. Daraus geht hervor, dass die Rüben das Respirationsmaterial der Hauptsache nach ihrem Zuckergehalt entnehmen.

Diese Zuckerabnahme der Rüben ist schon seit den Anfängen der Rübenkultur bekannt und heute wissen wir, dass die Abnahme des Zuckers in erster Linie von der Art der Aufbewahrung, der Temperatur, aber auch von der Sorte der Rüben abhängig ist. Je grösser die Luftzufuhr und je

höher die Temperatur im Lagerungsraum ist, desto intensiver verläuft die Atmung und um so grösser ist die Kohlensäurebildung und Zuckerabnahme. Bei einer Temperatur von nahezu 0° C. sind Atmung und Zuckerverluste am geringsten. Findet eine erheblichere Abkühlung unter 0° C. statt, so gefrieren die Rüben und sterben meist ab. Andererseits findet bei völligem Luftmangel vielfach intramolekulare Atmung statt, wobei der zur Atmung benötigte Sauerstoff aus chemischen Verbindungen der Rübensubstanz selbst entnommen wird.

Die Verluste der Futterrüben bei verschiedenen Überwinterungsarten sind von Prof. Helweg-Kopenhagen[1]) in den Jahren 1903—1905 untersucht worden, um speziell für die Futterrüben die beste Überwinterungsart zu ermitteln. Am geringsten waren die Trockensubstanzverluste der Rüben in der Schichtmiete, am grössten im Rübenhaus. In den Zeitperioden November/Dezember und Januar/Februar sind die Verluste in der dachförmigen Miete nur wenig grösser als in der Schichtmiete. An dritter Stelle steht die Trockensubstanzabnahme in dem Erdkeller; im Frühjahr (März/April) sind die Verluste im Erdkeller noch etwas geringer als in der dachförmigen Miete. Je tiefer die Temperatur in den verschiedenen Jahren blieb, um so geringer waren auch die Verluste der Rüben. Diese Beziehung zwischen Temperatur und Trockensubstanzverlust ist auch bei Vergleichung der verschiedenen Überwinterungsarten ziemlich deutlich zu erkennen, wenn sie auch in manchen Fällen durch geringere Luftzufuhr und andere Faktoren verdeckt wird. Rüben, die unmittelbar auf Eishaufen gelegt und mit einer dicken Lage Seegras bedeckt wurden, erlitten nahezu gar keine Verluste.

Bei der Untersuchung der Rüben aus den ventilierten und nicht ventilierten Lagerungsräumen (Schichtmiete, Erdkeller, dachförmige Miete und Rübenhaus) hatten sich nahezu gar keine Unterschiede ergeben. Wahrscheinlich konnte die vermehrte Luftzufuhr keine Steigerung der Atmung bewirken, weil bei der Ventilation im Winter gleichzeitig eine erhebliche Abkühlung der Lagerungsräume erfolgte und infolgedessen eine Erhöhung der Atmungstätigkeit verhindert wurde.

Die Abnahme der Zuckerpolarisation der eingemieteten Futterrüben ist durch die eingangs genannten Arbeiten von F. Wohltmann[2]) bei sehr zahlreichen Sorten untersucht worden. Von diesen umfassenden und in der Literatur allgemein bekannten Arbeiten seien hier nur diejenigen Momente herausgegriffen, die in engerer Beziehung zu den Untersuchungen der vorliegenden Arbeit stehen und die Grundlage für das Verständnis dieser Arbeit bieten.

[1]) Mitteilungen der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft 1908, Stück 52 und 1909 Stück 1: „Dänische Überwinterungsversuche mit unzerkleinerten Runkelrüben.“ Originalbericht: Tidsskrifts for Landbrugets Planteavl 13. Bd., 1908: „Overvintrings forsog med Runkelroer.“

[2]) Illustr. Landw. Zeitung 1897, Nr. 9, 10, 101 und 102; 1899, Nr. 2 und 5; 1901, Nr. 14 und 15; 1903, Nr. 4, 5, 7, 9 und 12 1904, Nr. 86; 1905, Nr. 16 und 17.

Wohltmann hatte gefunden,[1]) dass ein Zentner Rübenmasse im grossen und ganzen ungefähr gleiche absolute Mengen der aufgespeicherten Reservenährstoffe bei der Lagerung verbraucht. Da bei zuckerärmeren Rüben ein Zentner Zucker in einer größeren Rübenmasse enthalten ist, als in zuckerreicheren Rüben, verlieren demnach zuckerarme Sorten bei der Lagerung eine grössere Menge von ihrem Zucker, weil davon eine größere Rübenmasse zehrt als bei zuckerreichen Rübensorten. So behielten z. B. Conzens Lanker von 8,5 % Zucker nach der Lagerungsdauer von 167 Tagen noch 5,8 %, Leutewitzer Original Futterrüben von 7,9 % noch 4,7 %; dagegen die gelben Eckendorfer Original von 4,9 % nur noch 1,8 %, Tannenkrüger Original von 4,7 % noch 1,9 % und die zuckerärmsten Prizewinner yellow globe von Suthon behielten von ursprünglich 3,6 % sogar nur 1,4 % Zucker. Die zuckerreicheren Sorten (mit ungefähr 8 % Zucker) verbrauchten bei der Lagerung nur halb soviel Zucker als die zuckerärmeren Sorten (mit ungefähr 4 % Zucker), da hier die gleiche Zuckermenge in einer doppelt so großen Rübenmasse enthalten war, die den entsprechend höheren Zuckerverbrauch zur Folge hatte.

Um nur geringere Verluste zu haben und gleichzeitig an Raum zu sparen, empfiehlt es sich daher, möglichst gehaltreiche Rüben einzumieten.

Allerdings können auch Sorten mit anfangs nahezu gleichem Zuckergehalt einen sehr verschiedenen Rückgang der Rohrzuckerpolarisation erleiden; so z. B. verlor bei den Versuchen von Wohltmann eine Sorte mit 8,1 % (lange gelbe Riesen von Küpper) **3,6** % Zucker und behielt noch 4,5 %, eine andere Sorte mit 7,8 % (Géante rose demi-sucrière von Vilmorin) nur **1,6** % und behielt noch 6,2 % Zucker.

Solche Unterschiede kommen aber nicht nur bei Rüben verschiedener Sorten mit ähnlichem Zuckergehalt, sondern auch bei sonst gleichen Rüben derselben Sorte vor. Versuche hierüber hat schon Em. v. Proskowetz jun.[2]) mit 5 Sorten Zuckerrüben angestellt; von jeder Sorte untersuchte er 5 Einzelrüben mittlerer Größe. Er fand folgende Unterschiede in der Abnahme der Zuckerpolarisation:

Bei Sorte	Ein Minimum von %	Ein Maximum von %	Differenz %
I	1,8	3,9	2,1
II	1,6	3,5	1,9
III	2,1	3,0	0,9
IV	1,4	4,0	2,6
V	2,7	3,6	0,9

Innerhalb derselben Sorte (IV) hatte unter sonst gleichen Bedingungen eine Rübe fast dreimal soviel von ihrem Zuckergehalt abgenommen wie

[1]) Bericht VIII des Instituts für Bodenlehre und Pflanzenbau, Bonn-Poppelsdorf: Illustrierte Landwirtschaftliche Zeitung 1905, Nr. 16 und 17.

[2]) Zeitschrift für Zuckerrübenfabrikation des Deutschen Reiches, 1888, S. 421.

eine andere ihr sonst gleiche Rübe. Seiner Meinung nach ist die Haltbarkeit des Zuckers in den Rüben eine Eigenschaft, die sich durch die Züchtung weiter ausbilden lässt, und hierin wird ihm auch Recht gegeben, wenngleich die praktische Züchtung bei der Selektion, insbesondere der Futterrüben, jenen Umstand noch zu wenig berücksichtigt.

Der verschiedene Nährstoffverbrauch der Rüben bei der Lagerung hängt in erster Linie von der Intensität der Atmung und dem Zusammenwirken der in der Zelle tätigen Enzymkräfte ab. Wenn diese auch noch nicht genügend erforscht sind, so ist doch so viel klar, dass die Tätigkeit der Enzyme von äußeren Bedingungen, wie klimatische Verhältnisse, Temperatur, Feuchtigkeit und Luftzufuhr beeinflußt wird. Jedoch ist die Fähigkeit der Enzyme, schwächer und langsamer oder stärker und rascher auf die äusseren Einwirkungen zu reagieren, eine erbliche Eigentümlichkeit der Individuen.

Inwieweit die absolute Nährstoffabnahme der Rüben durch die Änderung der Konzentrationsverhältnisse des Rübensaftes infolge Wasserabgabe oder -aufnahme der Rüben bei der Lagerung beeinträchtigt wird, ist noch eine offene Frage. Bekanntlich nehmen die Rüben in den Mieten meistens an Gewicht ab, jedoch ist schon vielfach das Gegenteil beobachtet worden.

Die Gewichtszunahme der eingemieteten Rüben kann nur durch eine Erhöhung des Wassergehaltes befriedigend erklärt werden; denn die absolute Menge der Trockensubstanz kann in den Mieten naturgemäß keine Zunahme erfahren.

Wohltmann[1]) fand bei seinen Versuchen im Jahre 1902/03 nach 164 Tagen im Mittel von 23 Futterrübensorten eine Zunahme des eingemieteten Rübengewichtes um + 5,6 %; im Jahre 1903/04 bei Serie I nach 184 Tagen + 6,4 %, bei Serie II nach 167 Tagen + 4,7 %. Die grösste Gewichtszunahme, nämlich 14,1 % in 164 Tagen, zeigten die gelben Eckendorfer Riesenwalzen (Metz-Berlin) bei dem Versuch aus dem Jahre 1902/03.

Die gleiche Beobachtung ist auch schon von Marek,[2]) ebenso von Hellriegel,[3]) und etwas später auch von Seyfarth[4]) gemacht worden. Marek fand, dass die Rüben schon in einem Monat um 2,06 %, in zwei Monaten um 4,56 %, in drei Monaten um 6,66 %, in vier Monaten um 7 % an Gewicht zunahmen. Er untersuchte auch die Rüben aus 10 verschiedenen Mieten, wobei die Zunahme zwischen 4,1 % und 13,8 % schwankte und im Mittel, ähnlich wie auch bei den Poppelsdorfer Versuchen gefunden wurde, 6,69 % betrug.

[1]) Bericht VIII des Instituts für Bodenlehre und Pflanzenbau, Bonn-Poppelsdorf; Illustrierte Landwirtschaftliche Zeitung 1905, Nr. 16 und 17.

[2]) Zeitschrift für Zuckerfabrikation 1883, S. 16.

[3]) Ebenda 1883, S. 290.

[4]) Deutsche Zuckerindustrie 1889, S. 1640.

Marek, Hellriegel und Seyfarth erklären die Gewichtszunahme damit, dass die Rüben bei der Ernte und nachher beim Liegen an der Luft etwas welken und Wasser verlieren, welches sie in den Mieten aber ganz oder zum Teil wieder aufnehmen. Auch Wohltmann schliesst sich im Prinzip dieser Erklärungsweise an, jedoch hat er noch die Frage erwogen, ob nicht auch durch die Sauerstoffaufnahme, bei dem Atmungsprozess und anderen Oxydationsvorgängen in der Rübe bei der Lagerung die Gewichtszunahme, wenigstens bis zu einem gewissen Teil, mit bewirkt wird.[1]) Wenn man nur die Oxydation des Rohrzuckers ins Auge fasst, so könnte sich das Gesamtgewicht der Rübe bei der Veratmung von einem Prozent Rohrzucker um etwas mehr als ein Prozent (1,12 %) erhöhen, vorausgesetzt, dass die Oxydation quantitativ bis zu den Endprodukten CO_2 und H_2O (nach der Gleichung: $C_{12}H_{22}O_{11} + 12\,O_2 = 12\,CO_2 + 11\,H_2O$) verläuft. Darnach würde ein Molekül Rohrzucker zur vollständigen Oxydation (= 342 Gewichtsteile) 12 Moleküle Sauerstoff (= 384 Gewichtsteile) benötigen und das Gesamtgewicht der Rüben bei der Veratmung von 342 Gewichtsteilen Rohrzucker um andere 384 Gewichtsteile zunehmen.

Für das Zurückbleiben des Oxydationswassers der Atmung in der Rübe liegen keine Schwierigkeiten vor; auch die gebildete Kohlensäure kann teils an Alkalien oder basische Stoffe gebunden, teils im Rübensaft gelöst zurückbleiben. Schon Bodenbender[2]) fand, dass alle gelagerten Rüben, nicht nur ausgewachsene und angefaulte, sondern auch ganz gesunde reichlich Kohlensäure enthalten, die aus naheliegenden Gründen als Produkt der Atmung anzusprechen ist.

Selbst wenn die bei der Oxydation des Zuckers entstandenen Atmungsprodukte ihrer ganzen Menge nach in den Rüben verbleiben würden, könnte auf diese Weise die Gewichtszunahme der Rüben nur bis zu einer Höhe erklärt werden, die in Prozenten der Rübe ausgedrückt ziemlich genau den bei der Lagerung veratmeten Rohrzuckerprozenten entspräche.

Wie aus den oben mitgeteilten Zahlen hervorgeht, war fast in allen Fällen die Gewichtszunahme ganz wesentlich höher als der Rückgang der Rohrzuckerprozente. Während die Abnahme des Rohrzuckers meist nur 1—3 % betrug, handelte es sich bei der Gewichtszunahme im Mittel um ungefähr 6 %, im Maximum sogar um 14 %.

Wenn daher die Gewichtszunahme der Rüben bei der Lagerung im wesentlichen der Aufnahme von Wasser zuzuschreiben ist, welches die Rüben bei oder nach der Ernte vor dem Einmieten durch Verdunstung verloren hatten, so kann eine solche Änderung des Saftgehaltes der Rüben, die unmittelbar aus einer entsprechend starken Konzentrationsänderung des Zellsaftes hervorgeht, auf die Vorgänge bei der Aufbewahrung, insbesondere die Funktionen der lebenden Zelle, nicht ohne erheblichen Ein-

[1]) Vorlesung über „Spezielle Pflanzenbaulehre".
[2]) Zeitschrift für Zuckerfabrikation 1873, S. 10.

fluss sein. Jedoch fehlen zurzeit exakte Versuche, die den Unterschied in der Haltbarkeit von ganz frisch eingemieteten und vor dem Einmieten etwas abgewelkten Rüben klarlegten. Solche Versuche könnten uns auch gleichzeitig den Beweis liefern, ob die Gewichtszunahme während der Einmietung lediglich auf den Ersatz des vorher verdunsteten Wassers zurückzuführen ist.

Dass die Haltbarkeit von verschiedenen Rübensorten, speziell die Abnahme des Gesamtzuckers und die Inversion des ursprünglichen Rohrzuckers mit der Konzentration des Rübensaftes Hand in Hand geht, haben meine diesbezüglichen Untersuchungen, die ich auf Anregung von Herrn Geheimrat Prof. Dr. Wohltmann durchgeführt habe, experimentell bewiesen.

Die von Wohltmann bei seinen obengenannten Arbeiten gefundenen Unterschiede der Haltbarkeit des Zuckers von zuckerreichen und zuckerärmeren Futterrübensorten treten auch bei meinen Versuchen klar hervor, obwohl ich nicht nur die Polarisation der Rüben, sondern auch die gewichtsanalytische Bestimmung des Gesamtzuckers neben der Bestimmung des Invertzuckers den Versuchen zugrunde gelegt habe.

Für die Untersuchungen hatte ich folgende Rübensorten ausgewählt: als Vertreter der ertragreichen Sorten mit mässigem Zuckergehalt: 1. gelbe Eckendorfer Original: als Vertreter der Sorten mit kombinierter Leistung: 2. gelbe Leutewitzer Original und 3. gelbe Oberndorfer Original: als Vertreter der Sortengruppe mit hohem Zuckergehalt: 4. Futterzuckerrüben und zum Vergleich eine Zuckerrübensorte: 5. Kleinwanzlebener Original.

Auch in diesem Versuchsjahre wurden die Eckendorfer und Leutewitzer Futterrüben auf je einer zweiten Parzelle angebaut und diesmal mit 10 dz Chilisalpeter pro Hektar gedüngt, um den Einfluss einer hohen Stickstoffdüngung auf die Haltbarkeit und die Inversion des Rohrzuckers der Rüben bei der Lagerung in der Miete zu untersuchen.

Als Grunddüngung hatten im Vorherbst alle 7 Parzellen eine mässig starke Stallmistdüngung erhalten. Der Rübensamen wurde erst am 10. Mai (auf dem Versuchsfelde des Landwirtschaftlichen Institutes der Universität Halle a. S.) mit der Hand auf die Standweite von 36×30 cm ($14 \times 11^1/_2$ Zoll) ausgelegt und angewalzt. Der Aufgang erfolgte am 28. Mai, worauf die Rüben gehackt wurden. 8 Tage später (am 5. Juni) wurden sie verzogen und die Fehlstellen nachgepflanzt. Nach weiteren 8 Tagen erhielten Parzelle I—V eine Kopfdüngung von $1^1/_2$ dz Chilisalpeter pro Morgen, Parzelle VI und VII jedoch 3 dz und gleich darauf wurden sie zum zweiten Male gehackt. Zur dritten Hacke (am 23. Juni) wurde dieselbe Kopfdüngung wiederholt, so dass die Rüben auf Parzelle I—V insgesamt 3 dz, die Rüben auf Parzelle VI und VII („Stickstoffrüben") insgesamt 6 dz Chilisalpeter pro Hektar bekommen hatten.

Wenn die Rüben auf dem sehr durchlässigen, sandigen Boden keine hervorragende Grösse erreichten, so entwickelten sie sich infolge des gleichmässigen Witterungsverlaufes doch ganz gleichmässig und normal.

Es möge hier beiläufig erwähnt werden, dass ich die Untersuchungen über den Gehalt der Rüben an reduzierendem Zucker und über die Änderung seiner Menge zum gebildeten Rohrzucker während der Entwickelung der Rüben im ersten Wachstumsjahre mit den soeben beschriebenen Rüben vornehmen wollte, doch waren die Rüben während der umfangreichen (auf S. 15 bis 40 erörterten) Voruntersuchungen zur Prüfung und Ermittelung geeigneter Methoden für die erforderlichen Zuckerbestimmungen, wobei sich namentlich für die Bestimmung des in sehr geringen Mengen vorhandenen direkt reduzierenden Zuckers der frischen Rüben die oben erwähnten Schwierigkeiten in den Weg stellten, so weit gediehen, dass mir gerade über die ersten Entwickelungsstadien der Rüben einwandsfreie und zusammenhängende Daten fehlten. Daher wurden diese Untersuchungen, die im vorhergehenden Abschnitt mitgeteilt sind, im darauffolgenden Jahre ausgeführt.

Obwohl die Versuche über die Veränderungen der Rüben während des Wachstums und über das Verhalten bei der Lagerung zwar mit den gleichen Sorten, aber mit Rüben aus zwei verschiedenen Jahren angestellt wurden, zeigen die einzelnen Sorten als Vertreter ihrer Gruppen bezüglich ihres Invertzuckergehaltes während des Wachstums und ihrer invertierenden Tätigkeit während der Lagerung in den Mieten ein durchaus gleichsinniges Verhalten, wobei wieder der Unterschied zwischen zuckerärmeren und zuckerreicheren Sorten klar zutage tritt.

Die Rüben aller sieben Parzellen wurden am 24. Oktober geerntet; zunächst auf ihrem Standort in langen Reihen nebeneinander gelegt und alle in bezug auf Grösse, Form und Farbe ungleichmässigen Exemplare ausgeschaltet Die übrigen Rüben wurden von der anhaftenden Erde gesäubert, der obere Teil der Rübenköpfe abgeschnitten, die Rüben völlig entblättert, in Haufen gelegt und sofort mit Blättern zugedeckt. Von jeder Parzelle wurden je fünf Serien zu 20 Rüben so ausgewählt, dass die einzelnen Serien derselben Sorte höchstens um 500 g differierten. Dies entsprach einer Maximaldifferenz von 25 g des mittleren Gewichtes pro Rübe; bei den kleineren Sorten betrug sie jedoch stets weniger.

Je eine Sorte wurde zur Untersuchung zurückbehalten, die übrigen zur Einmietung bestimmten Serien wurden nach Notierung des Gewichtes jede für sich in ein weitmaschiges Netz gebunden und mit einem Holzetikett versehen. Da diese 560 Rüben, die kaum 8 dz wogen, allein eine zu kleine Miete ergeben hätten und auch den einzelnen Serien keine gleichmässige Lagerungsstelle in der Miete hätte zugewiesen werden können, so wurden gleichzeitig noch zwei Fuhren Eckendorfer und Leutewitzer Rüben mit eingemietet.

Die Grundfläche der Miete wurde ca. 25—30 cm tief gelegt, 1,50 m breit und über 4 m lang. Zu unterst wurden zwei Lagen Rüben geschichtet, auf diese kamen die in Netze gebundenen Rüben in zwei Reihen übereinander zu liegen und zwar so, dass von einer Giebelseite der Miete

gleich von jeder Sorte eine Serie zugänglich war. Seitlich und obenauf wurden mehrere Lagen Rüben geschichtet, wodurch die zu untersuchenden Rüben alle eine gleiche Lage in der Miete erhielten.

Das Zudecken der Miete geschah zunächst nur mit einer 10 cm hohen Erdschicht, die erst bei eintretendem Frostwetter bis zu 1 m verstärkt und mit Stroh bedeckt wurde.

Die Untersuchung der Rüben erfolgte zunächst bei der Ernte am 24. Oktober und dann jedesmal nach je sechswöchentlicher Lagerung, und zwar am 9. Dezember, 20. Januar, 4. März und 15. April.

Zur Entnahme der Rüben wurde die Miete stets auf derselben Giebelseite geöffnet, je eine Serie entnommen und die Miete wieder wie vorher zugedeckt.

Bei dieser Art der Versuchsanordnung musste ich von der Voraussetzung ausgehen, dass die Serien derselben Sorte im ursprünglichen Zuckergehalt bei der Ernte leidlich übereinstimmten, da es nicht möglich war, alle Serien schon bei der Ernte zu untersuchen und dieselben Rüben wieder unbeschädigt einzumieten.

Ich fürchtete, dass durch das Anbohren oder Herausschneiden eines Segmentes die Rüben infolge dieser grossen Verwundung bei der Lagerung sich wesentlich anders verhalten würden als normale, unverletzte Rüben.

Um aber auch darüber klar zu werden, wie weit die Durchschnittsproben von je 15 Rüben derselben Sorte von ihrem Gehalt abweichen, untersuchte ich von zwei Sorten, Eckendorfer und Oberndorfer Futterrüben, noch einige Tage vor der eigentlichen Rübenernte je drei Durchschnittsproben zu 15 Rüben auf ihren Gehalt an Rohrzucker nach der Polarisationsmethode. Den Invertzucker konnte ich aus Zeitmangel nur in den drei Vergleichsproben der Eckendorfer Futterrüben bestimmen. Ich erhielt folgende Zahlen, die jedesmal das Mittel aus zwei Parallelbestimmungen darstellen:

Oberndorfer Futterrüben:

Serie I	= 7,22 %	Rohrzucker
„ II	= 7,10 „	„
„ III	= 6,98 „	„
Maximaldifferenz:	0,24 %	Rohrzucker.

Eckendorfer Futterrüben:

Serie I	= 5,18 %	Rohrzucker,	0,480 %	Invertzucker
„ II	= 5,11 „	„	0,463 „	„
„ III	= 5,00 „	„	0,405 „	„
Maximaldifferenz:	0,18 %	Rohrzucker,	0,084 %	Invertzucker.

Wenngleich ich auch mit grösseren Abweichungen rechnen musste, so boten mir diese Zahlen doch eine befriedigende Gewähr, dass die Unterschiede in der ursprünglichen Zusammensetzung der einzelnen Durch-

schnittsproben den Vergleich über die Gehaltsveränderungen während der Lagerung nicht wesentlich stören würden.

Durch die Untersuchung der Rüben vor der Einmietung und nach verschiedenen Zeiträumen der Lagerung in den Mieten sollten vorwiegend folgende Fragen beantwortet werden:

1. Wie nimmt der Gesamtzucker der Rüben ab?
2. Wie nimmt die Polarisation der Rüben ab?
3. Wieviel Invertzucker wird gebildet?
4. Wie gross sind die Unterschiede zwischen dem Prozentgehalt an Gesamtzucker und dem durch die Polarisation ermittelten Rohrzucker?
5. Stehen diese Abweichungen in irgend einem Verhältnis zum ursprünglichen Zuckergehalt der einzelnen Futterrübensorten?
6. Herrschen Beziehungen vor zwischen dem während der Lagerung gebildeten Invertzucker und der Konzentration des Rohrzuckers in den verschiedenen Rübensorten?
7. Ist eine starke Düngung mit Chilisalpeter auf die Haltbarkeit des Zuckergehaltes und die invertierende Tätigkeit der Rüben bei der Lagerung von Einfluss?

Die Beantwortung dieser Fragen machte die Bestimmung der Rohrzuckerpolarisation, des Gesamtzuckers und des direkt reduzierenden Zuckers als Invertzucker in den Rüben vor dem Einmieten und nach bestimmten Zeitabschnitten der Lagerung erforderlich.

Die Vorbereitung der Rüben, die Zerkleinerung, die Probenahme erfolgte in der gleichen Weise und die genannten Zuckerbestimmungen genau nach denselben Methoden, wie sie für die Untersuchung der Rüben während der Vegetationsdauer in Anwendung kamen. Für die Bestimmung der Polarisation und des Gesamtzuckers wurde das dreifache Normalgewicht in 200 ccm nach der modifizierten Alkoholextraktionsmethode[1]) extrahiert. Der filtrierte Auszug nach der Saftreduktionsmethode ermittelt,[2]) im 400 mm-Rohr polarisiert. Der Rohrzuckergehalt wurde aus dem dritten Teil der abgelesenen Drehungsgrade berechnet; zur Bestimmung des Gesamtzuckers wurde ein aliquoter Teil des Auszuges nach Verjagung des Alkohols, Fällung des überschüssigen Bleiessigs und Inversion des Rohrzuckers mit 20 ccm Normalsalzsäure mit Fehlingscher Lösung nach Meissl reduziert und der prozentische Gesamtzuckergehalt der Rüben als Rohrzucker nach der Formel:[3])

$$\%\,R = \frac{J \,.\, 0{,}95 \,.\, k_1 \,.\, k_2 \,.\, 100 \,.\, k^{4})}{P_1 \,.\, P_2 \,.\, 50 \,.\, B} \text{ berechnet.}$$

[1]) Siehe S. 19.
[2]) Siehe S. 32—37.
[3]) Siehe S. 25—28.
[4]) Siehe S. 26, die Bedeutung für k, k_1, k_2 und P_1, P_2 und B:

$$\%\,R = \frac{J \,.\, 1{,}9 \,.\, k \,.\, k_1 \,.\, k_2}{P_1 \,.\, P_2 \,.\, B}.$$

Der direkt reduzierende Zucker wurde als Invertzucker durch die Saftreduktionsmethode[1]) nach der Formel:[2])

$$\%\,J = \frac{Cu \,.\, F \,.\, 2 \,.\, R\,\%}{P_s \,.\, 26{,}048}$$

ermittelt.

In den folgenden Tabellen XVII und XVIII sind die Untersuchungsergebnisse der Rüben aller 7 Parzellen vor der Einmietung bei der Ernte und nach je 6 wöchentlicher Lagerung zusammengestellt und zwar bedeuten die Zahlen der mitgeteilten Zuckerbestimmung das Mittel aus je zwei Parallelanalysen.

(Siehe die Tabellen XVII und XVIII auf S. 70 und 71.)

Die Eckendorfer Futterrüben zeigen von allen untersuchten Sorten die grösste Abnahme der Rohrzuckerpolarisation, die von 5,71 % schliesslich bis auf 2,90 % heruntergeht. Die grosse Abnahme um 2,81 % verläuft nicht gleichmässig, sondern ist im Frühjahr (vom 4. März bis 15. April) am grössten.

Wie aus den Prozentzahlen des Gesamtzuckers hervorgeht, ist die tatsächliche Abnahme des aufgespeicherten Zuckers nicht ganz so gross wie der Rückgang der Polarisation. Gerade bei den Eckendorfer Futterrüben ist der Unterschied zwischen der Polarisation und dem gewichtsanalytisch bestimmten Zucker am grössten, weil diese Rüben den grössten Invertzuckergehalt, sowohl zu Beginn der Einmietung als auch nach den verschiedenen Lagerungsperioden, aufweisen. Der Invertzuckergehalt betrug schon bei der Ernte am 25. Oktober nahezu 0,5 % (0,465 %) und nahm in den drei ersten Perioden jedesmal noch um ungefähr 0,5 % zu; in der letzten gleichlangen Periode (vom 4. März bis 15. April) aber um mehr als 1 %, so dass schliesslich vom Gesamtzucker über zwei Drittel als reduzierender Zucker vorhanden war.

Die Gewichtsveränderungen der eingemieteten Rüben waren bei allen Sorten so gering, dass sie hier übergangen werden können. Die Zahlen sind in den Tabellen mitgeteilt.

Die Leutewitzer Futterrüben verhalten sich schon wesentlich anders als die zuckerärmeren Eckendorfer. Der Rückgang der Polarisation ist viel geringer, von ursprünglich 6,65 % polarisiertem Rohrzucker beträgt die Abnahme innerhalb 24 Wochen insgesamt 1,23 %. Auch hier erfolgt die Abnahme nicht gleichmässig, sondern ist bei Eintritt der wärmeren Witterung grösser als in den Wintermonaten.

Der Unterschied zwischen der Rohrzuckerpolarisation und dem Gesamtzucker ist gering und beträgt bei den am 15. April untersuchten Rüben nur 0,35 %, obwohl zu dieser Zeit über 1,1 % reduzierender Zucker

(Fortsetzung des Textes auf S. 72.)

[1]) Siehe S. 32—37.

[2]) Siehe S. 37.

Tabelle XVII.

Rübensorte:		Ernte: 25. Okt.	Nach 6 Wochen 9. Dez.	Nach 12 Wochen 20. Januar	Nach 18 Wochen 4. März	Nach 24 Wochen 15. April
Eckendorfer Futterrüben.	Rohrzucker (Pol.) . . .	5,71 %	5,46 %	5,01 %	4,02 %	2,90 %
	Gesamtzucker	5,92 „	5,69 „	5,54 „	4,87 „	4,32 „
	Invertzucker	0,465 „	1,022 „	1,443 „	1,916 „	3,048 „
	Grade Brix des Saftes .	10,00	9,6	9,2	8,4	8,2
	Gew. d. eingemiet. Rübe	—	12,60 kg	12,55 kg	12,64 kg	12,78 kg
	Gew. d. ausgemiet. Rübe	12,75 kg	12,48 „	12,72 „	12,73 „	12,63 „
Eckendorfer N-Futterrüben.	Rohrzucker (Pol.) . . .	5,28 %	4,64 %	4,20 %	3,51 %	2,12 %
	Gesamtzucker	5,51 „	5,23 „	5,20 „	5,02 „	4,53 „
	Invertzucker	0,523 „	1,295 „	1,660 „	2,377 „	3,204 „
	Grade Brix des Saftes .	10,2	9,5	9,0	9,1	8,8
	Gew. d. eingemiet. Rübe	—	16,13 kg	16,32 kg	16,18 kg	16,24 kg
	Gew. d. ausgemiet. Rübe	16,20 kg	16,01 „	16,40 „	16,08 „	16,13 „
Leutewitzer Futterrüben.	Rohrzucker (Pol.) . . .	6,65 %	6,20 %	6,45 %	5,82 %	5,42 %
	Gesamtzucker	6,48 „	5,96 „	6,11 „	5,97 „	5,60 „
	Invertzucker	0,264 „	0,566 „	0,834 „	1,087 „	1,387 „
	Grade Brix des Saftes .	10,7	10,3	10,6	9,5	9,8
	Gew. d. eingemiet. Rübe	—	13,20 kg	12,92 kg	13,05 kg	13,20 kg
	Gew. d. ausgemiet. Rübe	12,95 kg	13,10 „	12,99 „	13,07 „	13,20 „
Leutewitzer N-Futterrüben.	Rohrzucker (Pol.) . . .	6,10 %	6,07 %	5,40 %	5,03 %	4,23 %
	Gesamtzucker	5,89 „	5,88 „	5,53 „	5,47 „	5,01 „
	Invertzucker	0,301 „	0,411 „	0,920 „	1,237 „	2,131 „
	Grade Brix des Saftes .	11,1	10,9	10,4	10,3	10,6
	Gew. d. eingemiet. Rübe	—	14,20 kg	14,43 kg	14,38 kg	14,32 kg
	Gew. d. ausgemiet. Rübe	14,25 kg	14,11 „	14,31 „	14,19 „	14,15 „
Oberndorfer Futterrüben.	Rohrzucker (Pol.) . . .	7,10 %	6,80 %	6,62 %	6,05 %	5,62 %
	Gesamtzucker	6,91 „	6,78 „	6,49 „	6,23 „	5,88 „
	Invertzucker	0,200 „	0,357 „	0,531 „	0,834 „	1,360 „
	Grade Brix des Saftes .	11,2	11,0	10,7	10,4	10,0
	Gew. d. eingemiet. Rübe	—	9,42 kg	9,30 kg	9,53 kg	9,51 kg
	Gew. d. ausgemiet. Rübe	9,30 kg	9,45 „	9,32 „	9,37 „	9,32 „
Futterzuckerrüben.	Rohrzucker (Pol.) . . .	8,30 %	7,92 %	7,42 %	7,03 %	7,02 %
	Gesamtzucker	8,11 „	7,78 „	7,41 „	7,17 „	6,98 „
	Invertzucker	0,179 „	0,245 „	0,502 „	0,792 „	1,015 „
	Grade Brix des Saftes .	12,1	11,70	11,6	11,0	11,1
	Gew. d. eingemiet. Rübe	—	8,72 kg	8,88 kg	8,77 kg	8,92 kg
	Gew. d. ausgemiet. Rübe	8,85 kg	8,60 „	8,75 „	8,82 „	8,79 „
Zuckerrüben (Kleinwanzleben).	Rohrzucker (Pol.) . . .	16,77 %	16,70 %	16,32 %	16,01 %	15,74 %
	Gesamtzucker	16,56 „	16,60 „	16,17 „	15,72 „	15,33 „
	Invertzucker	0,108 „	0,167 „	0,302 „	0,465 „	0,728 „
	Grade Brix des Saftes .	18,8	18,9	18,3	18,2	17,7
	Gew. d. eingemiet. Rübe	—	5,59 kg	5,76 kg	5,62 kg	5,68 kg
	Gew. d. ausgemiet. Rübe	5,70 kg	5,52 „	5,70 „	5,57 „	5,55 „

Tabelle XVIII.

	9. Dezbr.	20. Jan.	4. März	15. April
Eckendorfer Futterrüben.				
Abnahme der Rohrzuckerpolarisation seit 25. Okt.	0,25	0,70	1,69	2,81
Abnahme des Gesamtzuckers seit 25. Okt. . .	0,23	0,38	1,05	1,60
Mehrbetrag der Polarisationsabnahme seit 25. Okt.	0,02	0,32	0,64	1,21
Zunahme des Invertzuckergehaltes seit 25. Okt.	0,557	0,978	1,451	2,583
Eckendorfer N-Rüben.				
Abnahme der Rohrzuckerpolarisation seit 25. Okt.	0,64	1,08	1,77	3,16
Abnahme des Gesamtzuckers seit 25. Okt. . .	0,28	0,31	0,49	0,98
Mehrbetrag der Polarisationsabnahme seit 25. Okt.	0,36	0,77	1,28	2,18
Zunahme des Invertzuckergehaltes seit 25. Okt.	0,772	1,137	1,854	2,681
Leutewitzer Futterrüben.				
Abnahme der Rohrzuckerpolarisation seit 25. Okt.	0,45	0,20	0,83	1,23
Abnahme des Gesamtzuckers seit 25. Okt. . .	0,52	0,33	0,51	0,88
Mehrbetrag der Polarisationsabnahme seit 25. Okt.	— 0,07	— 0,13	0,32	0,35
Zunahme des Invertzuckergehaltes seit 25. Okt.	0,302	0,570	0,823	1,123
Leutewitzer N-Rüben.				
Abnahme der Rohrzuckerpolarisation seit 25. Okt.	0,03	0,70	1,07	1,87
Abnahme des Gesamtzuckers seit 25. Okt. . .	0,01	0,36	0,42	0,88
Mehrbetrag der Polarisationsabnahme seit 25. Okt.	0,02	0,34	0,65	0,99
Zunahme des Invertzuckergehaltes seit 25. Okt.	0,110	0,619	0,936	1,830
Oberndorfer Futterrüben.				
Abnahme der Rohrzuckerpolarisation seit 25. Okt.	0,30	0,48	1,05	1,48
Abnahme des Gesamtzuckers seit 25. Okt. . .	0,13	0,42	0,68	1,03
Mehrbetrag der Polarisationsabnahme seit 25. Okt.	0,17	0,06	0,37	0,45
Zunahme des Invertzuckergehaltes seit 25. Okt.	0,157	0,331	0,634	1,160
Futterzuckerrüben.				
Abnahme der Rohrzuckerpolarisation seit 25. Okt.	0,38	0,88	1,27	1,28
Abnahme des Gesamtzuckers seit 25. Okt. . .	0,33	0,70	0,94	1,13
Mehrbetrag der Polarisationsabnahme seit 25. Okt.	0,05	0,18	0,33	0,15
Zunahme des Invertzuckergehaltes seit 25. Okt.	0,66	0,323	0,613	0,836
Zuckerrüben.				
Abnahme der Rohrzuckerpolarisation seit 25. Okt.	0,07	0,45	0,76	1,03
Abnahme des Gesamtzuckers seit 25. Okt. . .	— 0,04	0,39	0,84	1,23
Mehrbetrag der Polarisationsabnahme seit 25. Okt.	0,11	0,06	— 0,08	— 0,20
Zunahme des Invertzuckergehaltes seit 25. Okt.	0,059	0,194	0,357	0,620

vorhanden war. Der Invertzuckergehalt bleibt sowohl bei den Leutewitzer als auch bei allen übrigen untersuchten Rübensorten weit hinter dem der Eckendorfer Futterrüben zurück. Darauf ist auch die geringere Differenz zwischen den Resultaten der Polarisations- und Reduktionsmethode zurückzuführen.

Die Verluste an Gesamtzucker, der für den Nährwert am meisten massgebend ist, betragen bei den Leutewitzer Futterrüben nur 0,88 %, sind also geringer als bei den Eckendorfer, die vom Gesamtzucker 1,60 % verlieren.

Durch die hohe Salpeterdüngung der Eckendorfer und Leutewitzer Rüben haben sich nur geringe Unterschiede im Verhalten gegenüber den normal gedüngten Rüben ergeben. Naturgemäss sind diese Rüben grösser geworden, haben aber auch geringeren Zuckergehalt. Der Unterschied im Rohrzuckergehalt beträgt bei beiden Sorten ungefähr 0,5 %. Der Rückgang der Polarisation ist bei den Stickstoffrüben beider Sorten grösser, aber nur einer vermehrten Inversion des Rohrzuckers zuzuschreiben. Denn die Abnahme des Gesamtzuckers ist bei den Eckendorfer Stickstoffrüben sogar geringer, bei den Leutewitzer Stickstoffrüben genau gleich gross wie bei den Rüben mit normaler Düngung. Dass tatsächlich nur eine erhöhte Inversion stattgefunden hat, beweist auch der höhere Invertzuckergehalt der stark mit Chilisalpeter gedüngten Rüben.

Die Oberndorfer Futterrüben stehen in ihrem Verhalten den gleichgedüngten Leutewitzer Rüben am nächsten. Ihr Gehalt an Rohrzucker bei der Ernte ist zwar um ein ganzes Prozent höher, dafür haben sie aber etwas geringeres Gewicht. Die Rohrzuckerpolarisation nimmt hier sehr gleichmässig alle sechs Wochen um rund 0,5 % ab; die Abnahme des Gesamtzuckers ist in den beiden letzten Perioden etwas geringer, und der Unterschied beträgt am 15. April 0,45 % Rohrzucker, die durch die Polarisation weniger gefunden werden als durch die gewichtsanalytische Methode. Der Invertzuckergehalt der Oberndorfer Rüben ist nach den drei ersten 6 wöchentlichen Lagerungsperioden geringer als bei den Leutewitzer Futterrüben, im Frühjahr war er bei beiden Sorten gleich gross.

Die Futterzuckerrüben bilden als Vertreter der zuckerreichen Futterrübensorten das Gegenstück zu den zuckerarmen Eckendorfer Rüben. Der polarisierte Zuckergehalt der bei der Ernte untersuchten Durchschnittsprobe betrug 8,30 % Rohrzucker, von denen bis zum Frühjahr 1,27 % verloren gingen. Der ursprüngliche Gesamtzucker nahm während der ganzen Einmietungsdauer um 1,13 % ab. Demnach trat hier der Unterschied zwischen der polarimetrischen und gewichtsmässigen Zuckerbestimmung fast völlig zurück, obwohl der reduzierende Zucker als Invertzucker berechnet 1,01 % betrug.

Die zum Vergleich angebauten und untersuchten Kleinwanzlebener Zuckerrüben bilden eine interessante Ergänzung zu den obigen Versuchen mit Futterrübensorten von verschiedenem Zuckergehalt. Von den 16,77 %

des polarisierten Rohrzuckers fand eine ziemlich gleichmässige Abnahme statt, bis schliesslich die Gesamtabnahme eine Höhe von 1,03 % erreichte. Bei den Zuckerrüben war demnach der Rückgang der Polarisation während der Einmietungsdauer von 24 Wochen von allen untersuchten Rübensorten am geringsten. Ganz auffälligerweise nimmt hier der Gesamtzucker in der dritten und vierten Lagerungsperiode sogar mehr ab, als dem Rückgang der Polarisation entspricht, obwohl nach der dritten Periode 0,357 % und nach der vierten Periode sogar 0,620 % reduzierender Zucker vorhanden sind. Der Unterschied beträgt zwar nur 0,08 bezw. 0,20 %, doch ist dies sehr bemerkenswert, weil bei allen Futterrübensorten die Polarisation stets eine grössere Abnahme erfuhr, als dem durch die Reduktionsmethode bestimmten Gesamtzucker entsprach.

Bei genauerer Betrachtung der Resultate, namentlich der beiden letzten Untersuchungsperioden, findet man, dass die Unterschiede der Polarisations- und Reduktionsmethode bei den zuckerärmsten Futterrüben am grössten sind und mit steigendem Zuckergehalt der Rübensorten ziemlich gleichmässig kleiner werden, da die zuckerreicheren Sorten während der Lagerung auch weniger Invertzucker bilden. Am grössten sind die Abweichungen der Polarisation gegen den durch Reduktion bestimmten Gesamtzucker bei den Eckendorfer Futterrüben, die von den untersuchten Rübensorten den geringsten Zuckergehalt haben. Die Polarisation zeigte hier am 4. März um 1,05 und am 15. April um 1,60 % Zucker zu wenig an, weil bei dieser wasserreichen Rübensorte die Menge des durch Spaltung von Rohrzucker gebildeten Invertzuckers am grössten war.

Bei allen übrigen normalgedüngten Futterrübensorten waren diese Unterschiede bedeutend geringer, traten aber erst seit dem 4. März, also nach achtzehnwöchentlicher Lagerung, einigermassen hervor und nahmen bis zum 15. April trotz der rascher zunehmenden Inversion in dieser letzten Lagerungsperiode nur sehr wenig zu, ja sie wurden bei den Futterzuckerrüben noch geringer, und bei den Zuckerrüben ergab die Polarisation am 15. April sogar 0,20 % Zucker mehr, als die Bestimmung des Gesamtzuckers.

Die Unterschiede zwischen der polarimetrischen und gewichtsanalytischen Zuckerbestimmung in den gelagerten Rüben werden zwar wesentlich durch die Menge des gebildeten Invertzuckers bedingt, doch steht diese Differenz in keinem zahlenmässigen Verhältnis, so dass der Gesamtzucker ausschliesslich aus der Polarisation und dem direkt reduzierenden Zucker (als Invertzucker bestimmt) berechnet werden könnte, sondern es scheint auch die Höhe des Zuckergehaltes der verschiedenen Rübensorten beeinflusst zu sein.

Woher es nun kommt, dass der durch die Polarisation zu wenig gefundene Zucker nicht proportional ist dem gebildeten Invertzucker, der sonst die Polarisationsebene um ein Drittel soviel nach links dreht als der Rohrzucker nach rechts, kann aus den hier mitgeteilten Zahlen allein nicht geschlossen werden. Ob die Bildung von optisch inaktivem Invertzucker

oder die Entstehung von stark rechtsdrehenden, durch Bleiessig nicht fällbaren und nicht reduzierend wirkenden Substanzen (Raffinose?) daran Schuld trägt, oder ob die Rüben bei der Atmung von dem Inversionsprodukt des Rohrzuckers in manchen Fällen den Fruchtzucker dem Traubenzucker vorziehen, bedarf noch der näheren Untersuchung.

6. Schlussfolgerungen.

Aus den Untersuchungen über die Zuckerveränderungen in den Beta-Rüben während des Wachstums und der Lagerung können folgende Schlüsse gezogen werden:

1. Der Aufbau des Rohrzuckers erfolgt bei den Runkelrüben ebenso wie bei den Zuckerrüben schon im Blattapparat; der fertig gebildete Rohrzucker wandert ohne vorhergehende Inversion in die Rübenwurzeln, wo er als endgültiger Reservestoff abgelagert wird.

2. Der Gehalt der Rübenwurzeln an reduzierendem Zucker ist während des Wachstums in dem ersten Vegetationsjahre sehr gering (0,05—0,1 %), kann aber in invertzuckerreichen Futterrübensorten bis auf 0,5 % ansteigen.

3. In den Rübenwurzeln scheint der Aufbau von Rohrzucker aus den eingewanderten Monosacchariden (reduzierenden Zuckerarten) gar nicht oder nur in sehr geringem Maße stattzufinden.

Zwar nahm bei den periodischen Untersuchungen der wachsenden Rüben der Gehalt an reduzierendem Zucker namentlich bei den Futterrüben mit der Höhe der Rohrzuckerproduktion pro Tag und Rübe zu; doch steht der Gehalt an Monosacchariden weder zu dem prozentischen Rohrzuckergehalt, noch zu den Zuwachsprozenten des Rohrzuckers in gleichem (direktem) Verhältnis. Wahrscheinlich ist das Maximum des Invertzuckergehaltes zur Zeit der höchsten Rohrzuckerproduktion auf die gesteigerte Lebenstätigkeit und den Mehrbedarf an pflanzlichem Baumaterial oder auf die Steigerung der Inversion von Rohrzucker infolge der höheren Lufttemperatur und der intensiveren Sonnenbestrahlung zurückzuführen. Diese letzte Erwägung wird namentlich dadurch gestützt, dass die mehr über der Erde stehenden Futterrüben eine grössere Steigerung ihres Invertzuckergehaltes erfahren, als die fast ganz in der Erde stehenden Zuckerrüben.

4. Die zuckerärmeren Sorten haben sowohl während des Wachstums als auch während der Lagerung stets einen höheren Gehalt an reduzierendem Zucker als die zuckerreicheren Sorten.

Demnach scheint die Inversion bei den Rüben mit höherer Konzentration ihres Saftgehaltes, der meist auch eine grosse „Reinheit“ des Saftes entspricht, langsamer vor sich zu gehen als bei den wasserreicheren Rüben mit geringerer Haltbarkeit ihres Zuckergehaltes.

5. Zur genauen Beurteilung des Nährstoffgehaltes der gelagerten Rüben reicht die Polarisation namentlich dann nicht zu, wenn die Be-

stimmung erst im Frühjahr nach Eintritt der wärmeren Witterung vorgenommen wird, und wenn es sich um zuckerarme Sorten mit hohem Massenertrag handelt.

6. Unter normalen Verhältnissen wird von Futterrübensorten mit mittlerem und höherem Zuckergehalt während der Lagerung bis zu Beginn der wärmeren Witterung im allgemeinen nicht über 1 % reduzierender Zucker gebildet. Bis zu dieser Zeit bleibt die Polarisation gehaltreicherer Futterrübensorten nur um wenige Zehntelprozente hinter den Resultaten der Gesamtzuckerbestimmung zurück.

7. Bei sehr zuckerreichen Futterrüben und bei Zuckerrüben kann der Unterschied zwischen der Rohrzuckerpolarisation und der Gesamtzuckerbestimmung trotz einem Invertzuckergehalt von 0,5—0,8 % ganz verschwinden, und in manchen Fällen (augenscheinlich bei den zuckerreichsten Rüben) die Rohrzuckerpolarisation sogar höhere Resultate ergeben als die Gesamtzuckerbestimmung.

Dies Ergebnis kann darin eine Erklärung finden, dass in den Rüben während der Lagerung nicht nur Invertzucker gebildet wird, sondern auch andere stark rechtsdrehende Substanzen, vielleicht Umlagerungen, höhere Oxydationsstufen oder durch Reversion entstandene Komplexe der durch Inversion von Rohrzucker gebildeten Monosaccharide, durch deren Rechtsdrehung die Polarisationswirkung des Invertzuckers verdeckt wird. Möglicherweise bevorzugen die Rüben bei der Atmung von dem entstandenen Invertzucker den linksdrehenden Fruchtzucker, so dass ein Überschuss von rechtsdrehendem Traubenzucker resultiert. Es ist leicht verständlich, dass diese Erscheinungen gerade bei den zuckerreichsten Rüben auftreten, denn durch die intensive Züchtung dieser Rüben auf einen hohen Zuckergehalt werden infolge der scharfen Selektion der gelagerten Zuchtrüben nach ihrem Polarisationswert nicht nur die stärker invertierenden Rüben ausgemerzt, sondern zugleich auch solche Rüben bevorzugt, die neben Rohrzucker noch andere rechtsdrehende Substanzen enthielten oder bei der Lagerung bildeten. Jedoch ist die Menge derselben in den Rüben nur gering.

8. Bei der Züchtung der Rüben auf einen hohen Zuckergehalt ist es daher durchaus berechtigt, auch bei den Futterrüben die Selektion nach dem ermittelten Polarisationswert vorzunehmen, wenn die Rüben noch vor Beginn der wärmeren Frühjahrswitterung polarisiert werden. Obwohl der Invertzucker mindestens einen ebenso grossen Nährwert besitzt wie der Rohrzucker, tut man doch gut, bei der Züchtung zuckerreicher Futterrüben, die in erster Linie zur Aufbewahrung für den Winter angebaut werden, die stärker invertierenden Individuen auszuschalten, weil mit der höheren Inversionstätigkeit für gewöhnlich auch ein grösserer Zuckerverbrauch während der Lagerung verbunden ist.

Die sogenannten „hitzigen Rüben“, die eine regere Umsetzung und Abnahme ihres Nährstoffgehaltes aufweisen und durch einen höheren

Invertzuckergehalt gekennzeichnet sind, dürfen wir mit Recht bei der Züchtung von gehaltreichen, zur Aufbewahrung bestimmten Futterrüben verwerfen. Bei den gehaltreichen Futterrüben weicht auch der durch die Polarisation ermittelte Zuckergehalt der gelagerten Rüben von dem Gesamtzucker nur sehr wenig ab. Andererseits liegt auch keine Gefahr vor, dass man durch die Züchtung auf einen hohen Polarisationswert nicht nur den Rohrzucker, sondern auch andere rechtsdrehende wertlose Substanzen nicht zuckerartiger Natur in den Rüben hochzüchtet, denn in den grossartigen Erfolgen der Zuckerrübenzüchtung haben wir einen glänzenden Beweis, dass man durch die Selektion nach dem Polarisationswert fast ausschliesslich den Rohrzuckergehalt hochzüchtet und durch die Polarisation im Frühjahr gleichzeitig eine Richtschnur für eine gute Haltbarkeit des Rohrzuckers erhält.

9. Bei der Züchtung von ertragreichen und somit wasserreichen Futterrübensorten, bei denen es in erster Linie auf ein grosses Rübengewicht ankommt, ist es richtig, die Bestimmung der Rohrzuckerpolarisation gleich im Herbst vorzunehmen, weil gerade die Rüben mit grossem Massenertrag bei der Lagerung sehr viel Invertzucker bilden und vielfach gar keine oder sogar Linkspolarisation aufweisen, obwohl ihr Gesamtzuckergehalt noch ziemlich beträchtlich sein kann.

Da wir aber bis zur Zeit noch keine genügend einfache und rasch durchführbare Methode zur hinreichend genauen Ermittelung des Gesamtzuckers besitzen, so können wir auch bei der Züchtung von sehr ertragreichen Futterrüben nur die Polarisation zur Bestimmung des Zuckergehaltes anwenden. Nun würde man auf Grund der Polarisation im Frühjahr die grössten Individuen ausschalten, weil bei diesen die Invertzuckerbildung am raschesten und intensivsten verläuft und dem gestellten Zuchtziel, grösster Massenertrag mit höchster Zuckerernte, zuwider handeln; denn diese Rüben können trotz der grösseren Zuckerabnahme und des geringen Gesamtzuckergehaltes infolge ihres grossen Wurzelgewichtes auch im Frühjahr noch den höchsten Gesamtzuckerertrag pro Rübe liefern.

Für die Züchtung dieser Kategorie von Futterrüben ist die Herbstpolarisation die richtigste Massnahme, da die ertragreichen Sorten zweckmässig gleich im Herbst, spätestens bis zu Weihnachten, verfüttert werden und daher hier die Haltbarkeit des Zuckers eine weniger wichtige Rolle spielt.

10. Wird die Züchtung ausschliesslich auf die Erzielung eines hohen Trockensubstanzgehaltes gerichtet, so wird man damit nicht viel weiter kommen, wie durch die Selektion der Rüben nach ihrem spezifischen Gewicht, da beide wesentlich auch durch den Salz- bezw. Aschegehalt beeinflusst werden. Wenn man der Selektion nicht die Bestimmung des organischen Trockensubstanzgehaltes zugrunde legt, so läuft man Gefahr, ähnlich wie bei der Selektion nach dem spezifischen Gewicht, die Rüben gleichzeitig auf einen sehr hohen Salzgehalt von zweifelhaftem Wert zu züchten.

Die vorliegende Arbeit wurde in dem unter Leitung des Herrn Professor Dr. P. Holdefleiss stehenden Laboratorium des Landwirtschaftlichen Instituts der Universität Halle in der Abteilung für Meteorologie und Pflanzenbau ausgeführt.

Meinen herzlichsten Dank sage ich dem Kaiserlich Geheimen Regierungsrat Herrn Professor Dr. F. Wohltmann für die Anregung dieser Arbeit und für seinen mir vielfach erteilten bewährten Rat bei ihrer Durchführung, Herrn Professor Dr. P. Holdefleiss für seine wertvollen Ratschläge und unermüdliche Unterstützung bei den experimentellen Untersuchungen.

Lebenslauf.

Am 11. November 1884 bin ich, Wilhelm Stephani, evangelischer Konfession, als Sohn des Grundbesitzers Georg Stephani und seiner Ehefrau Anna in Marienburg bei Kronstadt in Siebenbürgen (Ungarn) geboren. Ich besuchte zuerst die vier ersten Jahrgänge der achtklassigen Volksschule in Marienburg, darauf die Elementarschule in Kronstadt und kam dann auf das deutsche Gymnasium (Honterusgymnasium) daselbst, wo ich am 21. Juni 1904 das Abiturienten-Examen bestand. Im Herbst desselben Jahres bezog ich die Universität zu Giessen, studierte dort zuerst Theologie und Philosophie, wandte mich aber schon im 2. Semester dem Studium der Landwirtschaft zu. Nachdem ich in den Schul- und Universitätsferien regelmässig in der Wirtschaft meines Vaters und in Salzmünde bei Herrn Amtsrat von Zimmermann tätig war, setzte ich meine landwirtschaftlichen Studien vom Wintersemester 1905/06 bis Oktober 1908 an der Universität Halle fort. Vom 1. Oktober 1907 bis 31. März 1908 war ich Assistent bei Herrn Professor Dr. P. Holdefleiss in der Abteilung für Meteorologie und Pflanzenbau am Landwirtschaftlichen Institut der Universität Halle. Ende des Sommersemesters 1908 bestand ich in Halle a. S. das landwirtschaftliche Staatsexamen und wurde darauf zum Fachlehrer an der Ackerbauschule in Marienburg (Siebenbürgen) gewählt. Von dort kam ich Ende Mai 1909 als Assistent zu Herrn Geheimrat Professor Dr. F. Wohltmann nach Halle a. S. und bin seit 1. August 1910 als Assistent für Versuchswesen und Pflanzenzüchtung am Landwirtschaftlichen Institut angestellt.

Am 14. Juli 1910 bestand ich das Doktorexamen.

Meine Lehrer waren:

in Giessen: Baldensperger, Gisevius, Grassmann, Grooss, Hansen, Holtz, Kaiser, Köhler, Krüger, Pasch, Sprengel;

in Halle: Bode, Conrad, Disselhorst, Dorn, Ebbinghaus, Grenacher, Holdefleiss, Hollrung, Kühn, Klebs, Küster, Litten, Luedecke, Müller, Schneidewind, Schwarz, Scupin, Steinbrück, Vollhard, Vorländer, Waentig, Walther, Wohltmann.

Druck von Fr. Stollberg, Merseburg.